

ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЖУРНАЛ О НАУКЕ, ЭКОНОМИКЕ, ПРАКТИКЕ

Научное
сопровождение
в транспортном
строительстве

Интеллектуальная
система
безопасности
пешеходов

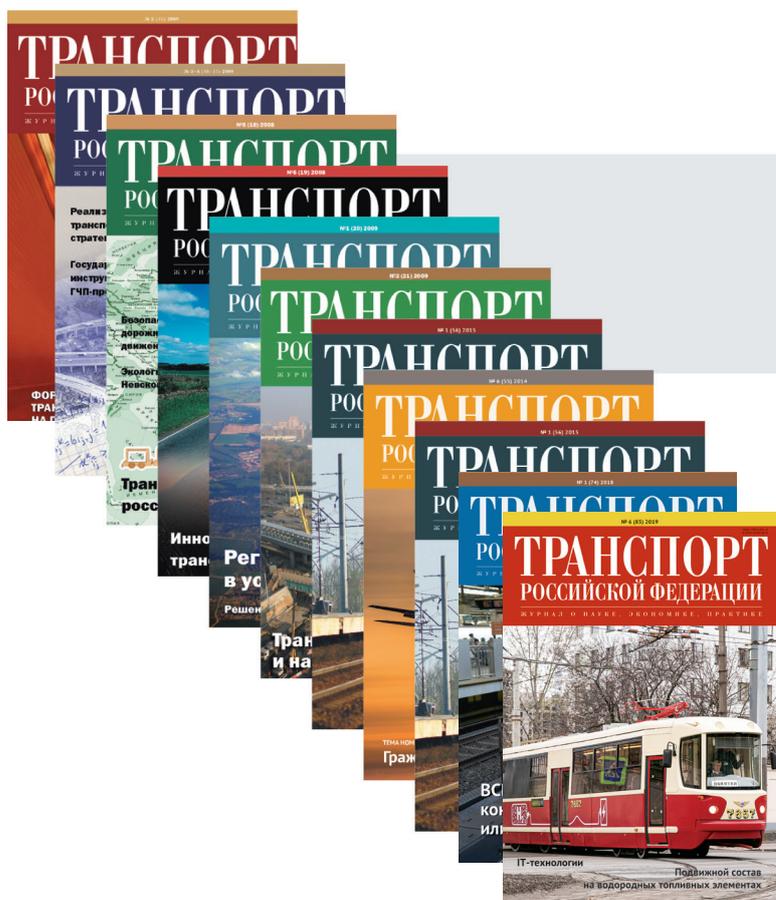
Эффективность
и правовое регулирование пулинга



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>



ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ

Н. В. Исаин, А. Л. Охотников, А. В. Зажигалкин.
Современные инструменты поддержки НИОКР (R&D)
для инновационного развития транспортных компаний ... 3

БЕЗОПАСНОСТЬ

С. М. Микаилов.
Определение понятия и сущности категории
«обеспечение железнодорожной безопасности» 8

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А. В. Романов, А. Н. Иванов, А. В. Саидова.
Интеллектуальная система повышения безопасности
пешеходов при пересечении железной дороги 10

ПЕРЕВОЗКИ

Ю. Г. Едигарева, В. В. Фролов, В. Б. Ширшиков.
Логистический пулинг: экономический эффект
и правовые аспекты 14

Т. П. Сацук, С. А. Жутяева.
Анализ рынка по перевалке грузов в морских портах
России 19

Ф. И. Хусаинов.
Влияние средней дальности перевозки на потребный
парк грузовых вагонов 23

В. М. Бунеев, Г. Ж. Игликова, В. Н. Попов.
Некоторые аспекты взаимодействия видов транспорта
и оптимизации маршрутов (на примере Сибири) 26

ИНФРАСТРУКТУРА

**Д. С. Конюхов, В. В. Вязовой, Р. А. Евтушенко,
Д. С. Петунина.**
Научно-техническое сопровождение создания
уникальных транспортных объектов (на примере Большой
кольцевой линии Московского метрополитена) 31

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

В. С. Коссов, О. Г. Краснов, М. Г. Акашев, Н. М. Никонова.
Контактно-усталостные дефекты на поверхности катания
внутренних рельсов в кривых малого радиуса 37

П. А. Козлов, О. В. Осокин, Н. В. Якушев, И. С. Абдуллаев.
Роль динамических резервов в построении транспортной
инфраструктуры 42

ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА И ТЕХНИКА

А. М. Орлова, Е. А. Рудакова, А. В. Гусев, А. Х. Юлдашев.
Оценка влияния собственных форм колебаний рамы
и груза на показатели динамических качеств
длиннобазных вагонов-платформ 46

А. И. Епихин, С. И. Кондратьев, Е. В. Хекерт.
Методы машинного обучения в мониторинге
рабочего поведения морского двухтактного
дизельного двигателя 50

Аннотации 54

Abstracts 55

Транспорт Российской Федерации

Журнал о науке, экономике,
практике

УЧРЕДИТЕЛИ

Российская академия транспорта,
Петербургский государственный
университет путей сообщения

Главный редактор

Александр Мишарин

Заместитель главного редактора

Олег Валинский

Исполнительный директор

Илья Потапов

Шеф-редактор Андрей Гурьев

Арт-директор Сергей Тюрин

Корректор Светлана Зинченко

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 опубликован-
ных материалов ссылка на журнал
«Транспорт Российской Федерации.
Журнал о науке, экономике, практике»
обязательна.

Адрес редакции:

г. Москва, ул. Маши Порываевой, 34.

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

info@rosacademtrans.ru

www.rosacademtrans.ru

Тел.: 8 (495) 970-74-09.

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

Установочный тираж 7 000 экз.

Подписано в печать 20.06.2024.

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»

Валинский О.С., ректор ПГУПС, заместитель председателя редакционного совета

Дружинин А.А., руководитель Федерального агентства железнодорожного транспорта

Барышников С.О., ректор ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова

Пашков К.А., директор административного департамента Минтранса РФ

Ефимов В.Б., президент Союза транспортников России

Гапанович В.А., президент НП «ОПЖТ»

Ефимова О.В., ученый секретарь РАТ

Редакционная коллегия

Мишарин А.С. — д. т. н., председатель редакционной коллегии, главный редактор, президент РАТ

Барышников С.О. — д. т. н., ректор ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, председатель Северо-Западного регионального отделения РАТ

Белозеров В.Л. — д. э. н., председатель Общественного совета при Ространснадзоре, 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 регионального 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 логистике 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., заведующая кафедрой «Экономика транспорта» 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

Кравченко П.А. — д. т. н., научный руководитель Института безопасности дорожного движения СПбГАСУ

Куклев Е.А. — д. т. н., директор Центра экспертизы и научного сопровождения проектов при СПбГУГА

Малыгин И.Г. — д. т. н., директор Института проблем транспорта РАН, член Президиума 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 Восточного регионального отделения РАТ

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

Потапов И.П. — исполнительный директор РАТ

Розенберг Е.Н. — д. т. н., первый заместитель 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), председатель Центрального отделения РАТ

Тимофеев О.Я. — д. т. н., профессор кафедры конструкции и технической эксплуатации судов СПбГМТУ

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

Трофименко Ю.В. — д. т. н., вице-президент РАТ, председатель Дорожно-транспортного отделения РАТ, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность» МАДИ

Современные инструменты поддержки НИОКР (R&D) для инновационного развития транспортных компаний



Н. В. Исаев,
руководитель проекта
отдела стратегического
развития АО «Научно-
исследовательский
и проектно-конструк-
торский институт
информатизации,
автоматизации и связи
на железнодорожном
транспорте»
(АО «НИИАС»),



А. Л. Охотников,
заместитель начальника
департамента
информационных
технологий, начальник
отдела стратегического
развития АО «НИИАС»,



А. В. Зажигалкин,
д-р экон. наук, ректор
ФГАОУ ДПО «Академия
стандартизации,
метрологии
и сертификации»

Сегодня мы наблюдаем в мире новую промышленную революцию и переход к «промышленности 4.0», что характеризуется в первую очередь всеобщей цифровой трансформацией, повсеместным использованием искусственного интеллекта, больших данных (Big Data), интернета вещей (IoT) и других инновационных технологий.

С учетом общих структурных ограничений на российском рынке финансирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР, R&D¹) только около 4% от всех крупных предприятий в настоящее время получают государственную поддержку на проведение соответствующих разработок.

В большинстве стран разделяют финансовую поддержку процессов создания высокотехнологичной продукции на прямую и косвенную. К первой относятся гранты, субсидии, повышение доступа к заемному и долевого финансированию, поддержка спроса со стороны государства на высокотехнологичную продукцию и услуги. Косвенная финансовая поддержка включает в себя налоговые меры, направленные на высвобождение собственных средств предприятий, в том числе для реализации НИОКР [1].

Из-за дефицита собственных финансовых ресурсов у российских компаний для инвестиций в создание инновационного продукта, в том числе без гарантий возврата первоначальных вложений, необходим переход к системному финансированию научно-исследовательской деятельности. В частности, необходимо развитие цифровых сервисов поиска мер государственной поддержки в целях развития цифровой трансформации, практического использования искусственного интеллекта (ИИ), Big Data и IoT, а также усиление кооперации с институтами инновационного развития, другими игроками транспортного, телекоммуникационного и IT-рынков.

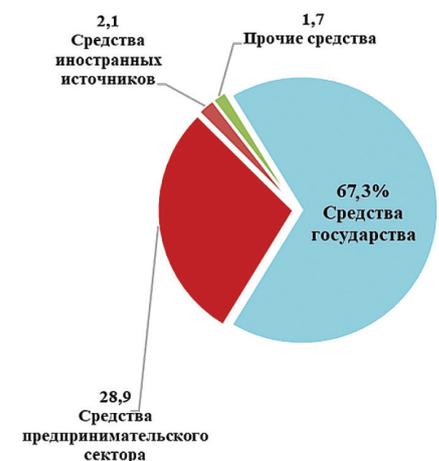
¹ R&D, англ. Research and Development – исследования и разработки.

Проблемы финансирования НИОКР

Если в большинстве стран НИОКР финансируется за счет собственных средств промышленных предприятий, то в России доля таких компаний в общих расходах на эти цели составляет лишь 28,9%, а большая часть финансируется за счет средств федерального и региональных бюджетов (см. рисунок).

Несмотря на то, что 67,3% всех расходов на НИОКР направляются из государственного бюджета, лишь 2% от всех предприятий в РФ получают господдержку на проведение исследований и разработок. В европейских странах, США и Канаде этот показатель значительно выше. Например, в Канаде он составляет 37% при том, что 41,1% всех расходов на R&D финансируется за счет самих предприятий [2].

Из-за дефицита собственных средств для проведения НИОКР и недоступности заемного финансирования доля компа-



Структура финансирования НИОКР в России в 2022 г., %. Источник: АО «НИИАС» по данным Росстата, Института статистических исследований и экономики знаний Высшей школы экономики

ний в РФ, ведущих исследования и разработки за счет собственных средств, существенно ниже, чем в других странах. При этом соотношение средств государства и предпринимательского сектора существенно не меняется со временем: в 2011 г. оно составляло 2,4, а в 2022 г. — 2,3 раза.

Изменения в части повсеместной цифровизации касаются в том числе крупнейшего в России транспортно-го холдинга «РЖД», а также его партнеров — железных дорог стран СНГ и Азии, промышленного железнодорожного транспорта. Характер будущей кооперации будет способствовать большей интеграции на полигонах дорог за счет унификации параметров обмена большими массивами данных в реальном времени по защищенным каналам и в перспективе применения ИИ для их обработки, анализа информации и синтеза решений на всех уровнях управления.

Интеграция касается не только систем взаимодействия, но и методов воздействия на конкурентов: кибератак, пропаганды, финансово-экономических инструментов и др. Все больше стран активно рассматривают возможности использования искусственного интеллекта для принятия решений в рамках управления и обеспечения безопасности на государственном уровне и в частном бизнесе.

Зарубежные компании больше денег тратят на R&D, тем самым повышают свои ставки на завоевание лидерских позиций на рынке за счет инновационных технологий. Совокупные расходы только трех основных игроков IT-сектора США (Google, Microsoft и Apple) в рассматриваемой сфере составляют более 30 млрд долларов — всего в 2 раза меньше аналогичных расходов министерства обороны США.

В то же время, согласно Комплексной программе инновационного развития холдинга «РЖД» на период до 2025 г., его расходы на НИОКР значительно отстают от среднего значения по международным компаниям-аналогам. Это не обеспечивает технологический паритет или лидерство РЖД среди них по ряду направлений [3].

Например, одна из ключевых и принципиальных областей отставания — организация системы высокоскоростного сообщения. Преодолеть этот пробел предполагается за счет реализации проекта ВСМ Москва — Санкт-

Петербург и далее Москва — Казань [4], что не снимает задачи достижения холдингом «РЖД» паритета технологического развития с зарубежными компаниями по другим направлениям.

Направления развития инновационных процессов

Крупные компании — интеграторы транспортной отрасли — должны будут все больше изменять свою бизнес-модель в сторону предложения комплексных решений для РЖД, а также смежных рынков (например, системы безопасности, включая информационную). При этом стоимость непосредственно «железа» и отдельных составляющих решений будет занимать все меньшую долю, а плата за интеграцию, программную составляющую и сервисное обслуживание будет возрастать.

Мировые лидеры транспортной отрасли это понимают и предпринимают шаги по изменению модели своего бизнеса. В дополнение к активно развивающейся робототехнике и беспилотным системам все больше внимания уделяется их интеграции друг с другом.

Речь идет о создании глобальной цифровой модели транспортных киберфизических систем (Transportation Cyber-Physical Systems, TCPS) и технологической экосистемы — набора решений для сбора, передачи, агрегации и обработки данных [5]. С внедрением этих систем связывается идея новой промышленной революции, способной трансформировать не только производство, но и все остальные сферы общественной жизни.

Важным элементом трансформации является интеграция крупных компаний с IT-разработчиками. Например, подразделение Websense корпорации Raytheon купило финское подразделение Intel в области кибербезопасности (Stonesoft, теперь переименовано в Forcepoint).

В России ГК «Ростех» провозгласила своим лозунгом переход от «железа» к интеллекту. Национальный центр информатизации, входящий в компанию, приобрел «БАРС групп» — российского производителя IT-решений (в 2021 г. вошел в ТОП-10 федерального рейтинга от CNews Analytics) [6].

С 2022 г. усилился спрос на российский продукт в области информационной безопасности после ухода зарубежных игроков [7]. С 2023 г. растущий бюджет заказчиков на средства защиты

информации в секторах B2G и B2B будет активно расходоваться на продукцию российских поставщиков, что дает возможность этой части рынка расти.

От кадровой политики до целевого финансирования грантами

Форсированное развитие рынка R&D неразрывно связано с наличием ресурсов для увеличения вовлеченности специалистов в НИОКР с дальнейшим созданием инновационных продуктов. Основные мотивы для участия в научной деятельности:

- организационный — формирование целевой корпоративной культуры в компании;
- кадровый — наличие компетенций для выполнения НИОКР;
- временной — наличие свободного времени у специалистов, способных и желающих генерировать новые прорывные идеи;
- финансовый — изменение системы финансирования для обеспечения процесса создания и внедрения инновационного продукта.

Рассмотренные ниже инструменты развития рынка R&D являются целевым вариантом для того, «как должно быть». Между тем текущая возрастающая потребность в невозвратном финансировании (гранты и субсидии) для ускоренного создания инновационных продуктов в РФ закономерна в условиях решения задач инновационного развития в отсутствие иных собственных ресурсов (организационных, кадровых, денежных, временных) у компаний для вложений в новый продукт, в том числе без гарантий возврата инвестиций.

Российской железнодорожной отрасли необходимо развивать новые направления цифровизации производства за счет грамотно выстроенного партнерства, в том числе с научными институтами. Новая бизнес-модель будет требовать ряда изменений. Корпоративная культура должна стать не только свободной и творческой, но и более предпринимательской. Потребуется новые компетенции, такие как программирование, проектное управление, запуск и развитие новых прорывных технологий. Для этого требуется находить новых и удерживать уже работающих амбициозных IT-специалистов с учетом изменений на рынке труда, а также менять систему финансирования НИОКР [8].

Нужно отметить, что портрет современного соискателя работы сегодня

меняется. Преобладающая часть потенциальных IT-работников находится в возрастном диапазоне 25–35 лет. Они увольняются вдвое чаще других возрастных групп. Эта тенденция заставляет кадровые службы бороться с текучкой, т. е. организовывать корпоративную жизнь так, чтобы мотивировать сотрудника на результативность, повышать лояльность и привязанность к компании.

Многие инициативы уже активно внедряются в холдинговой системе РЖД: бесплатное посещение спортзала, дополнительное медобслуживание, современное оборудование, создание коворкинг-центров или смарт-офисов, свободный стиль одежды и гибкое начало рабочего дня, дополнительное обучение и прочее. То есть задачей является создание офисной экосистемы с целым рядом сервисов, а также развитие цифровых внутренних коммуникаций, без которых компании сейчас не смогут существовать.

Что касается смены системы капиталовложений в НИОКР, то здесь требуется переход от бюджетного планирования затрат к проектному финансированию. Его ключевой отличительной особенностью является возврат инвестиций по проекту с доходов после его реализации. Учитывая длительные сроки разработки сложных IT-решений, под проектное финансирование требуются долгосрочные инвестиции.

Для этого необходимы проработка бизнес-плана с технико-экономическим обоснованием (ТЭО) проекта и полное согласование этапов жизненного цикла между всеми участниками (заказчиками, исполнителями, кредиторами, инвесторами). Тем не менее, большинство идей, способных претендовать на проектное финансирование или поддержку собственными фондами развития, так и остаются на уровне задельных работ без формирования бизнес-плана.

Это обусловливается невозможностью (на уровне проработки ТЭО) с высокой вероятностью обосновать доходную часть инновационного проекта за счет гарантированного будущего спроса, а зачастую также — отсутствием в составе научного коллектива специалиста, обладающего компетенциями бизнес-планирования.

Эта проблема особенно актуальна, когда возможным заказчиком проекта в силу его отраслевой специфики могут

выступать только 1–2 компании на всю страну. Соответственно, высокий риск для инвестиций в такой проект критичен, что обесценивает его даже на уровне подготовки бизнес-плана.

Системный учет и принятие таких венчурных рисков необходимы не только на корпоративном уровне, но и в масштабах государственных программ, что нашло отражение в Концепции технологического развития на период до 2030 года, утвержденной распоряжением правительства от 20 мая 2023 г. № 1315-р.

В документе используется понятие «венчурные инвестиции» в технологические компании, направленные на создание и вывод на рынок перспективных продуктов, и связанные с вероятностью потерь средств в связи с недостижением запланированного результата. Предполагается, что Концепция станет основой для разработки (корректировки) и реализации различных государственных программ и подпрограмм, схем территориального планирования в РФ, а также плановых и программно-целевых документов государственных компаний и акционерных обществ с госучастием [9].

Существует и другая проблема: сроки внедрения масштабных цифровых проектов продолжительны и существует угроза нарушения инвестиционного соглашения ввиду «усталости» или нежелания инвесторов участвовать дальше в длительном проекте. В этом случае планирование наращивания ценности и закрепление договорных обязательств становится особенно важным и требует специальных приемов, снижающих риски отказа от продолжения проекта. Выходом может являться и внедрение проектов в высокой степени готовности. Для этого необходимо активнее внедрять акселерационные программы и работать с перспективными стартап-компаниями.

Кроме того, для перехода к системе проектного финансирования требуется более высокая скорость и гибкость в принятии решений, поддержка первых лиц компании и строгий контроль исполнения их распоряжений. Все эти качества можно найти у частных фирм в IT-секторе российской экономики: «Яндекса», IBS и др.

Учитывая, что указанные выше способы развития инновационных процессов сильно зависят от рыночных условий (кадровые компетенции) или носят сопроводительный процессный характер

(переход на проектное финансирование), действенным способом форсированного создания и/или внедрения инновационных продуктов является использование системы поддержки грантами.

В этом случае они выполняют своеобразную функцию выравнивания диспропорций бюджетного или проектного финансирования рынка R&D. Среди общего количества различных российских грантообразующих фондов [10] и организаций, оказывающих финансовую поддержку в этой области (более 30 организаций), можно выделить следующие: Центр поддержки инжиниринга и инноваций (ЦПИИ), Инновационный инжиниринговый центр (ИИЦ), Российский научный фонд (РНФ), Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (ФСИ), Фонд перспективных исследований (ФПИ), Фонд развития Центра разработки и коммерциализации новых технологий (Фонд «Сколково») и др.

Также в связи с этим следует упомянуть о деятельности ряда министерств, в частности Минэкономразвития, которое поддерживает проекты для расширения производства инновационной продукции, в том числе под задачи крупного бизнеса. Грант по программе может получить малое предприятие, планирующее запуск или расширение собственного производства.

Отдельной инициативой со стороны Минэкономразвития при экспертной поддержке Аналитического центра при Правительстве РФ в рамках федерального проекта «Искусственный интеллект» стало создание в стране шести исследовательских центров по ИИ, которые получают грантовую поддержку [11].

В целом анализ предложений фондов показывает, что верхняя ценовая граница грантов на один проект практически не ограничена, при этом условия участия в отборе проектов или в конкурсах по различным фондам существенно различаются и требуют постоянного системного мониторинга.

На уровне холдинга «РЖД» необходимо создание системного механизма мониторинга и привлечения внешних инвестиций на начальных стадиях жизненного цикла инновационного проекта или продукта (этапах разработки и внедрения). Важным шагом в этом направлении, в том числе для поднятия престижа ОАО «РЖД», будет участие специализированной ассоциации научного отраслевого комплекса (НОК)

холдинга, занимающейся формированием и координацией консорциумов для проведения НИОКР, например, Ассоциации «Транспортная наука» (АТН).

Использование грантов для софинансирования плана НТР позволит увеличить количество инновационных проектов и направить средства на разработку и исследования в те области технологических потребностей отрасли, в направлении которых развиваются современные мировые тренды, а также на доведение этих разработок до стадии внедрения и дальнейшего тиражирования. Так, оценка предоставленной финансовой помощи со стороны Российского фонда развития информационных технологий показывает, что на внедрение приходится подавляющий денежный объем выделенных грантов [12].

Предварительное формирование списка целевых инновационных проектов в плане НТР с их дальнейшим плановым софинансированием с помощью грантов может стать дополнительным эффективным способом поддержки сектора R&D холдинга «РЖД». Как вариант, практика распределения бюджетов под целевые научно-исследовательские проекты вне конкурсного отбора для ускоренного решения приоритетных задач может в дальнейшем распространиться на различные направления финансирования с конкурсными процедурами в нашей стране [13].

Общие принципы финансирования НИОКР таковы: АТН обеспечивает непрерывное поступление тем для реализации инноваций из различных источников (например, проектов ИИЦ, научных объединений и ассоциаций транспортного комплекса, отраслевых институтов и вузов, заказчиков и исполнителей со стороны НОК холдинга «РЖД») и содействует финансированию с помощью выстраивания сквозной цепочки управления НИОКР (цифровых сервисов и акселерационных программ) с привлечением государственной поддержки. Темы для грантов оцениваются исходя из получения максимально возможного эффекта и ранжируются по принципу «минимальное вложение — максимальный результат».

Доступность грантов не только увеличит объем разрабатываемых инновационных продуктов и технологий, но и позволит максимально сократить время дальнейшего внедрения инноваций. Грант можно будет использовать на любой стадии проекта.

Государственная поддержка также актуальна для экспортеров инновационных услуг российских высокотехнологичных компаний. Сложившаяся система мер регулирования несырьевого экспорта не охватывает вывод на рынок новой продукции и увеличение доли российских высоких технологий. Между тем такая поддержка нашла бы спрос в том числе со стороны инновационных компаний холдинга «РЖД» по зарубежным контрактам с дружественными странами.

В настоящее время схожий инструмент поддержки от Московского экспортного центра распространяется только на резидентов г. Москвы. Субъекты малого и среднего бизнеса, заключившие экспортный контракт на сумму не менее 6 млн руб., могут рассчитывать на грант в размере 10% от суммы договора (до 10 млн руб., но не более 50% от объема налогов, уплаченных грантополучателем в городской бюджет) [14].

Российский экспортный центр упростил получение поддержки экспортерами по программам компенсации затрат по НИОКР и омологации промышленной продукции.

На решение в том числе этих задач направлено и поручение президента России В. В. Путина от 29 января 2023 г. № Пр-172 о необходимости обеспечить более благоприятные условия для экспорта отечественной продукции, созданной с использованием технологий искусственного интеллекта [15].

Заключение

С учетом ограничений на российском рынке финансирования НИОКР необходима четкая модель формирования и поддержки сквозных проектов холдинга «РЖД» в кооперации с промышленными и научными организациями с сочетанием собственных средств, капитала партнеров и мер господдержки.

Используя опыт сотрудничества с ЦПИИ и ИИЦ в части выявления потребности государственных и частных корпораций, субъектов бизнеса в новых технологических решениях и наукоемкой продукции, необходимо выстраивать аналогичную кооперационную систему взаимодействия с другими институтами развития с учетом государственной поддержки.

Использование всех мер поддержки поможет холдингу «РЖД» решать задачи инновационного и научно-технологического развития с учетом:

- активизации механизмов реализации Концепции технологического развития на период до 2030 года, в том числе создания института кредитования под залог интеллектуальной собственности, изменения дивидендной политики компаний с государственным участием для сохранения в их распоряжении дополнительных источников финансирования долгосрочных вложений в исследования и разработки, а также определения и закрепления в законодательстве допустимого уровня риска (финансовых потерь) как «права на риск» при недостижении запланированных эффектов от реализации инновационного проекта с использованием средств государственной поддержки в связи с высоким уровнем риска (неопределенности) инноваций;

- формирования системного механизма привлечения внешних инвестиций на различных стадиях жизненного цикла инновационных проектов, в том числе в период проведения задельных научно-исследовательских инициатив, с учетом венчурных принципов финансирования и разделения рисков между всеми участниками инвестиционного процесса (господдержка, краудплатформы и бизнес-ангелы, фонды целевого капитала, инвестиционные подразделения банков и корпораций).

Выстраивание сквозной цепочки управления НИОКР с привлечением государственной поддержки на всех стадиях жизненного цикла проектов будет способствовать ускорению инновационного развития и достижению следующих целей:

- созданию российских инновационных продуктов и решений, в том числе для импортозамещения и популяризации российских технологий;
- цифровой трансформации сервисов поиска мер государственной поддержки, в том числе создания акселерационных программ и их встраивания в процессы деятельности РЖД;
- формированию долгосрочных партнерских отношений с грантообразующими фондами и институтами развития, упрощению документарных форм отчетности перед партнерами по выполняемым работам. **■**

Источники

1. Якушева Е. Е. Налоговые льготы для высокотехнологичных компаний: особенности и перспективы // Российский юридический жур-

- нал. 2023. № 2(149). С. 143–152. DOI 10.34076/20713797_2023_2_143.
2. Проблемы регулирования и правоприменительной практики, сдерживающие развитие высокотехнологичных компаний в Российской Федерации. URL: <http://doklad.ombudsmanbiz.ru/2020/6.pdf> (дата обращения 10.04.2023).
 3. Зажигалкин А. В., Тулупов А. В., Прокофьев В. Ю. и др. Инновации как активатор развития холдинга «РЖД» // Железнодорожный транспорт. 2020. № 7. С. 52–57.
 4. Валинский О. С., Киселев И. П. Научное обеспечение проектирования и строительства высокоскоростных железнодорожных магистралей // Транспорт РФ. 2024. № 1 (110). С. 11–28.
 5. Охотников А. Л., Цветков В. Я., Козлов А. В. Алгоритмы транспортных киберфизических систем // Железнодорожный транспорт. 2021. № 12. С. 49–53.
 6. Матвеева Н. С. Обеспечение инновационного развития через стратегии импортозамещения, реализуемые государственными корпорациями // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. № 10–2 (92). С. 63–81. DOI 10.24412/2411-0450-2022-10-2-63-81.
 7. Володин С. Д., Власов Н. Д. Анализ конкуренции и уровня доминирования на рынке информационных технологий в сегменте информационной безопасности // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2023. Т. 21, № 1. С. 117–134. DOI 10.47711/2076-3182-2023-1-117-134.
 8. Мотина В. Г., Яковенко Л. В. Формирование кадров для цифровой экономики: потребности и возможности // Тенденции развития Интернет и цифровой экономики: Тр. VI Междунар. науч.-практ. конф., Симферополь – Алушта, 01–03 июня 2023 г. Симферополь: ИП Зуева, 2023. С. 171–174.
 9. Дронов А. С. Развитие железнодорожного машиностроения на нормативном перепутье // Вестн. Ин-та проблем естественных монополий: Техника железных дорог. 2023. № 3 (63). С. 48–54.
 10. Горкунова Е. К. Российские грантообразующие фонды как инструмент поддержки научной деятельности молодежи // 30 лет развития социальной работы в России: сб. ст. участников курсов науч.-исслед. работ студентов. М.: РГСУ, 2021. С. 250–256.
 11. 6 исследовательских центров по ИИ получают федеральные гранты до 1 млрд рублей. URL: <https://ac.gov.ru/news/page/6-issledovatel'skih-centrov-po-ii-polucata-federalnye-granty-do-1-mlrd-rublej-27059> (дата обращения 05.04.2023).
 12. Запольский С. В., Андреева Е. М., Ломакина В. Ф. и др. Научные гранты. Правовое регулирование. М.: КноРус, 2022. 224 с.
 13. Минцифры предписало «Сколково» приостановить выдачу грантов на внедрение российских IT-продуктов. URL: <https://www.comnews.ru/content/223103/2022-11-17/2022-w46/mincifry-predpisalo-skolkovo-priostanovit-vydachu-grantov-vnedrenie-rossiyskikh-it-produktov> (дата обращения 21.02.2023).
 14. Попов С. GITEX GLOBAL – окно в мир для российских ИКТ-компаний // Первая миля. 2021. № 7 (99). С. 14–27. DOI 10.22184/2070-8963.2021.99.7.14.26.
 15. Перечень поручений по итогам конференции «Путешествие в мир искусственного интеллекта» (утв. Президентом РФ 29.01.2023 г. № Пр-172). URL: <http://kremlin.ru/acts/assignments/orders/70418> (дата обращения 27.04.2023).



Общероссийская общественная организация
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА

Академия включает
48 РЕГИОНАЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЯ

ДАТА ОСНОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
ТРАНСПОРТА:

26 июня 1991 года



Президент Академии:

**А.Т.Н.
АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ МИШАРИН**

СОСТАВ АКАДЕМИИ В 2023 ГОДУ

> 680 УЧЕНЫХ-ТРАНСПОРТНИКОВ:

170 ДОКТОРОВ НАУК

510 КАНДИДАТОВ НАУК

260 ПОЧЕТНЫХ ЧЛЕНОВ РАТ



www.rosacademtrans.ru

Определение понятия и сущности категории «обеспечение железнодорожной безопасности»



С. М. Микаилов,
канд. юрид. наук, заместитель директора по научной работе Курганского института железнодорожного транспорта — филиала Уральского государственного университета путей сообщения

В жизни государства и общества существует тесная взаимосвязь между благополучием, развитием и безопасностью. В полной мере это относится и к обеспечению железнодорожной безопасности, являющейся важной составляющей основ для реализации мер по нормальному функционированию данной отрасли. Между тем этот вопрос нуждается в дополнительной правовой проработке.

Железнодорожная безопасность — один из компонентов транспортной безопасности. Согласно Федеральному закону РФ от 9 февраля 2007 г. № 16-ФЗ «О транспортной безопасности», обеспечение транспортной безопасности — это реализация определяемой государством системы правовых, экономических, организационных и иных мер в сфере транспортного комплекса, соответствующих угрозам совершения актов незаконного вмешательства [1, ст. 1].

Схожее с ним понятие «обеспечение безопасности населения на транспорте» мы находим в Комплексной программе обеспечения безопасности населения на транспорте, которое трактуется аналогично и обозначается как «реализация системы правовых, экономических, организационных и иных мер в сфере транспортного комплекса, соответствующих угрозам совершения актов незаконного вмешательства» [2].

В научной литературе, посвященной вопросам транспортной безопасности, мы встречаем примерно такое же определение транспортной безопасности, но отдельные авторы развивают его исходя из сравнения с трактовкой обеспечения национальной безопасности и предлагают расширить содержание направленностью на предотвращение угроз внутреннего и внешнего характера [3–5].

С этим вполне можно согласиться, так как предлагаемое дополнение будет в большей степени соответствовать понятию «обеспечение национальной безопасности», которая трактуется как «реализация органами публичной власти во взаимодействии с институтами гражданского общества и организациями политических, правовых, военных, социально-экономических, информа-

ционных, организационных и иных мер, направленных на противодействие угрозам национальной безопасности» [6].

С учетом такого подхода в законодательстве и ряде программных документов определены понятия обеспечения иных видов безопасности. В частности, понятие «обеспечение экономической безопасности» в Стратегии экономической безопасности РФ трактуется как «реализация органами государственной власти, органами местного самоуправления и Центрального банка Российской Федерации во взаимодействии с институтами гражданского общества комплекса политических, организационных, социально-экономических, информационных, правовых и иных мер, направленных на противодействие вызовам и угрозам экономической безопасности и защиту национальных интересов Российской Федерации в экономической сфере» [7].

К сожалению, ни один из изученных источников не рассматривает понятие «обеспечение железнодорожной безопасности», что говорит о недостаточной теоретической разработанности терминологии в данной сфере.

Дефиниция, наиболее близкая к понятию «обеспечение железнодорожной безопасности», содержится в Федеральном законе от 10 января 2003 г. № 17-ФЗ «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации», в котором обеспечение безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта трактуется как «система экономических, организационно-правовых, технических и иных мер, предпринимаемых органами государственной власти, органами местного самоуправления, организациями железнодорожного транспорта, иными юридическими лицами, а также физическими лицами и направленных на

предотвращение транспортных происшествий и снижение риска причинения вреда жизни или здоровью граждан, вреда окружающей среде, имуществу физических или юридических лиц» [8, ст. 2].

Однако, на наш взгляд, данный термин не в полной мере охватывает всю сферу деятельности по обеспечению безопасности железнодорожной отрасли, ведь помимо собственно безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта в данную область включены и иные направления: например, безопасность инфраструктуры железнодорожного транспорта, окружающей ее экосистемы, а также персонала и пассажиров от угроз различного характера.

Учитывая, что в обозначенных ранее законодательных актах понятия обеспечения конкретного вида безопасности базируется на определении самого вида безопасности, будет логичным, если определение «обеспечение железнодорожной безопасности» будет вытекать из сущностного содержания понятия «железнодорожная безопасность».

Учитывая существующие научные подходы к толкованию сущности феномена «безопасности», а также логику определения известных дефиниций различных видов безопасности, в том числе закрепленных в законодательстве, полагаем возможным определить железнодорожную безопасность как состояние защищенности объектов железнодорожного транспорта (движимых и недвижимых), окружающей ее экосистемы, а также персонала и пассажиров от угроз различного характера [9].

Соответственно, представляется, что обеспечение железнодорожной безопасности будет заключаться в реализации определяемой государством системы правовых, экономических, организационных и иных мер в сфере железнодорожного комплекса, направленных на предотвращение угроз различного характера (внутренних и внешних) объектам железнодорожного транспорта (движимых и недвижимых), окружающей ее экосистемы, персонала и пассажиров, а также минимизации их последствий.

Полагаем, что введение в научный оборот понятия «обеспечение железнодорожной безопасности» будет развитием законодательно определенного понятия «обеспечение безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта» и сформулировано с учетом специфических особенностей, присущих как отдельным элементам, так и железнодорожному комплексу в целом,

и в силу этого в наиболее полной мере станет отражать саму суть категории.

В таком случае будет вполне логично заключить, что обеспечение железнодорожной безопасности в структуре обеспечения транспортной безопасности в целом должно включать:

- 1) обеспечение безопасности личности, общества, государства;
- 2) постоянное сохранение безопасности на объектах железнодорожной инфраструктуры и железнодорожного транспорта;
- 3) постоянный мониторинг, оценку уязвимости железнодорожного комплекса;
- 4) проведение превентивных адекватных мер с учетом внутренних и внешних угроз и вызовов [10].

Соответственно, можно заключить, что сущность обеспечения железнодорожной безопасности состоит в выявлении, устранении, нейтрализации причин, условий и факторов, порождающих угрозы нормальному состоянию железнодорожной безопасности.

Считаем, что определение категории «обеспечение железнодорожной безопасности» весомо с точки зрения выделения железнодорожного транспорта в отдельную субстанцию в системе транспортного комплекса страны и системе обеспечения ее безопасности, так как он является самым востребованным и массовым видом транспорта.

Данное обстоятельство актуализируется с учетом важности вопросов обеспечения рассматриваемого вида безопасности, поскольку правильная трактовка и составление нормативных правовых актов являются важнейшим способом обеспечения безопасности [11].

В свою очередь, допускаем, что «обеспечение железнодорожной безопасности» как интегрирующее понятие представляет собой основу для определения сущности и содержания обеспечения иных видов безопасности, имеющих отношение к обеспечению нормального функционирования железнодорожной отрасли.

Полагаем, что одной из главных целей введения в научный оборот понятия «обеспечение железнодорожной безопасности» является создание единой методологии и подходов к оценке риска и прогнозированию потенциальных опасностей на железнодорожном транспорте. Это позволит регулярно проводить анализ и оценку рисков, а также разрабатывать и внедрять соответствующие меры и механизмы для предупреждения угроз нормальному ее состоянию и минимизации их последствий.

Предпринимаемая нами попытка разработки новой правовой категории и введение ее в научный оборот, как мы полагаем, будет способствовать совершенствованию научных основ, методологии и стандартов в данной области, что в свою очередь позволит повысить устойчивость, безопасность и надежность функционирования железнодорожного комплекса. ■

Источники

1. Федеральный закон РФ от 09.02.2007 г. № 16-ФЗ «О транспортной безопасности» // СЗ РФ. 2007. № 7. Ст. 837.
2. Распоряжение Правительства РФ от 30.07.2010 г. № 1285-р «Об утверждении Комплексной программы обеспечения безопасности населения на транспорте» // СЗ РФ. 2010. № 32. Ст. 4359.
3. Одуденко Т. А., Кузьмина Н. А. Обеспечение транспортной безопасности на объектах транспортной инфраструктуры и транспортных средств железнодорожного транспорта // Транспорт АТР. 2017. № 2 (11). С. 11–14.
4. Сидоренко А. В., Махина С. Н. Обеспечение транспортной безопасности в современном понимании // Проблемы правоохранительной деятельности. 2018. № 4. С. 70–73.
5. Трофимов О. Е. Административно-правовое регулирование деятельности федеральных органов исполнительной власти в сфере обеспечения безопасности на транспорте: автореф. дис. ... канд. юр. наук. М., 2013.
6. Указ Президента РФ от 02.07.2021 г. № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» // СЗ РФ. 2021. № 27 (ч. II). Ст. 5351.
7. Указ Президента РФ от 13.05.2017 г. № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» // СЗ РФ. 2017. № 20. Ст. 2902.
8. Федеральный закон от 10 января 2003 г. № 17-ФЗ «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации» // СЗ РФ. 2003. № 2. Ст. 169.
9. Микаилов С. М. О необходимости введения в научный оборот понятия «железнодорожная безопасность» // Транспортное право и безопасность. 2024. № 1 (49). С. 157–166.
10. Занина Т. М., Федотова О. А., Анисимова Н. А. Обеспечение транспортной безопасности в Российской Федерации: современные проблемы и пути решения // Правопорядок: история, теория, практика. 2022. № 4 (35). С. 46–52.
11. Самохина В. Г., Гончарова М. В. Соотношение терминов «транспортная безопасность» и «обеспечение транспортной безопасности» на железнодорожном транспорте в российском законодательстве // Актуальные вопросы современной науки и образования: сб. науч. ст. по материалам Всерос. конф. в рамках проведения XXIII науч.-практ. чтений / МФЮА, Калужский филиал. Малоярославец: МФЮА, 2023. 344 с.

Интеллектуальная система повышения безопасности пешеходов при пересечении железной дороги



А. В. Романов,
главный инженер
ООО «НПО Квант»,
аспирант Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),



А. Н. Иванов,
заместитель начальника
службы охраны труда,
промышленной
безопасности
и экологического контроля
дирекции инфраструктуры
ОАО «РЖД», аспирант
ПГУПС,



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

Среди острых проблем в сфере безопасности на железнодорожном транспорте отмечаются наезды поездов на пешеходов, пересекающих пути. Для предотвращения этого компании «ВНИИЖТ-Инжиниринг» и «НПО Квант» разработали и апробировали программно-аппаратный комплекс «Безопасность перехода через железнодорожные пути» (ПАК «СОКОЛ»).

Пешеходы относятся к одной из самых уязвимых категорий участников дорожного движения. Анализ смертности на дорогах России за 2021–2023 гг. выявил, что больше всего жизней уносятся по трем причинам дорожно-транспортных происшествий: вождение в нетрезвом виде, выезд на встречную полосу, наезд на пешехода.

По официальной статистике, в России ежегодно происходит более 35 тыс. ДТП, связанных с наездом на пешеходов, которые составляют 29% от всех пострадавших. При этом риск травмы в темное время суток повышается на 44%, и именно на этот период времени приходится 69% летальных исходов. При этом основная часть происшествий (72,3%) регистрируется на нерегулируемых пешеходных переходах [1, 2].

Принятые государством федеральная целевая программа «Цифровая экономика РФ» (июль 2017 г.) и Стратегия безопасности дорожного движения на

2018–2024 годы дали старт в России методологической революции в технике функциональной организации и управления текущим состоянием всех социально значимых для государства видов деятельности. В их числе — деятельность по предупреждению смертности на дорогах.

С 2018 г. реализуется проект «Умный город» — ведомственный проект Минстроя России по цифровизации городского хозяйства в рамках национального проекта «Жилье и городская среда» и национальной программы «Цифровая экономика РФ».

Жизнь в городах становится все более безопасной и комфортной благодаря новым цифровым технологиям. Они помогают управлять системой ЖКХ, дорожным движением, благоустройством территории, превращая современные мегаполисы в по-настоящему «умные города».

Екатеринбургская компания ООО «Экосвет» разработала и внедряет комплекс «Умный пешеходный переход — КРОСС 1». Принцип работы комплекса основан на распознавании пешехода при помощи видеочкамер и оповещении водителей путем включения оранжевой светодиодной ленты и проекции «зебры» на дорожное полотно в зоне действия пешеходного перехода, а также анализа пешеходных потоков, систематизации данных для принятия управленческих решений [3].

Институт высоких технологий Белгородского государственного университета реализует проект программно-аппаратного комплекса «Умный пешеходный переход» на базе программной платформы «Гелиос», внесенной в Реестр отечественного программного обеспечения. В рамках его реализации пла-



нируется оснастить наиболее опасные нерегулируемые пешеходные переходы в городе безопасными энергоэффективными «умными зебрами» [4].

Новизна «умного» пешеходного перехода состоит в том, что при приближении пешехода срабатывает датчик движения, а информационное табло информирует водителя о наличии человека на проезжей части, при этом зебра подсвечивается встроенными в асфальтобетонное покрытие антивандальными светодиодными светильниками.

Российская Группа «Урбантех» внедрила систему безопасности «Умный переход». Она распознает приближение пешехода и автоматически включает освещение и светодиодную подсветку знаков. После установки «Умного перехода» рядом с остановкой «Молчановка» в Новой Москве пешеходы получили право приоритетного перехода в 8 случаях из 10 (против 4 случаев до установки). Количество инцидентов на переходе сократилось практически до нуля [5].

Производственное объединение «Зарница» запустило в Казани комплекс «Цифровой перекресток», который должен повысить безопасность дорожного движения. Он состоит из напольного «светофора под ногами», светодиодных дорожных индикаторов, электронного табло измерения скорости, дублирующего светофора в виде светодиодной RGB-ленты, интеллектуальной системы звукового оповещения пешеходов, лазерной стоп-линии, автономных индикаторов дорожного отбойника [6].

Реализация указанных проектов, по заявлениям разработчиков, уже позволяет снижать уровень травматизма населения при использовании улично-дорожной сети. Положительного эффекта в среднесрочной перспективе следует ожидать при условии продолжения ведения разработок и внедрения соответствующих высокотехнологичных решений в данной области [7].

Не менее важны вопросы безопасности движения на железнодорожном транспорте. В рамках реализации государственной политики по обеспечению безопасности нахождения граждан в зоне движения поездов ОАО «РЖД» тесно взаимодействует с федеральными органами по надзору в сфере транспорта, научно-исследовательскими организациями и отраслевыми университетами. Одной из приоритетных задач является снижение травмирования граждан в зоне ответственности железнодорожного транспорта.



Процесс распознавания и определения отвлекающего фактора: а) использование телефона; б) надетый капюшон; в) надетые наушники при групповом прохождении; г) пересечение путей на велосипеде



В соответствии со ст. 21 п. 1 закона «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации» железнодорожные пути общего пользования и железнодорожные пути необщего пользования, железнодорожные станции, пассажирские платформы, а также другие связанные с движением поездов и маневровой работой объекты являются зоной повышенной опасности.

Несмотря на прилагаемые ОАО «РЖД» усилия, остается серьезной проблемой непродуманного травматизма на территории объектов инфраструктуры, связанная с причинением вреда жизни или здоровью граждан. К сожалению, мы часто сталкиваемся с проявлениями халатности в данном вопросе.

Ежегодно на объектах железнодорожной инфраструктуры, находящейся на балансе Центральной дирекции инфраструктуры — филиала ОАО «РЖД» (ЦДИ ОАО «РЖД»), в результате наезда подвижного состава происходит более 1800 случаев травмирования граждан. В частности, в 2021 г. произошло 1925 случаев, в 2022 г. — 1837. При этом количество случаев травмирования граждан на оборудованных пешеходных переходах через железнодорожные пути ежегодно возрастает и составляет до 15% от общего количества происшествий [8].

В настоящее время для сокращения случаев травмирования граждан при переходе железнодорожных путей в местах, оборудованных пешеходными переходами, реализуются инвестиционные программы по линии департамента экологии и техносферной безопасности (ЦБТ) по строительству переходов 2-й категории. Общая потребность такого строительства по сети дорог, заявленная в 2023 г., составляет 241 переход.

При этом крайне важно отметить, что предупредительные надписи и знаки (указатели, плакаты), входящие в состав

оборудования переходов всех категорий, практически не учитывают и не оказывают значительного влияния на основные факторы риска, приводящие к травмированию граждан, по причине психологического привыкания, ведущего к визуальному невосприятию статичных объектов.

Для сокращения количества случаев травмирования граждан при пересечении железнодорожных путей в местах, оборудованных пешеходными переходами, компания «ВНИИЖТ-Инжиниринг» совместно со специалистами ООО «НПО Квант» разработала программно-аппаратный комплекс «Безопасность перехода через железнодорожные пути» (ПАК «СОКОЛ»).

Он предназначен для автоматического обнаружения человека в зоне пешеходного перехода через железнодорожные пути. Комплекс контролирует соблюдение пешеходами требований, изложенных в «Правилах нахождения граждан и размещения объектов в зонах повышенной опасности, выполнения в этих зонах работ, проезда и перехода через железнодорожные пути». Он способен распознавать отвлекающие факторы, влияющие на безопасность пешеходов и нарушения Правил с их видеофиксацией и подачей в зону контроля голосовой, звуковой и световой сигнализации для предупреждения о потенциальной опасности (см. рисунок).

ПАК «СОКОЛ» представляет собой интеллектуальную систему контроля, предупреждения и аналитики в области нарушений при пересечении пешеходами железнодорожных путей, основанную на применении технологии компьютерного зрения, с обработкой видеопотоков алгоритмами вариативных нейронных сетей в режиме реального времени.

Система в автоматическом режиме распознает отвлекающие факторы (надетый капюшон, наушники, использование мобильного телефона) и нарушения

правил (пересечение путей верхом на велосипеде, мопеде, самокате, проход на запрещающий сигнал), непосредственно влияющих на безопасность пешеходов при пересечении железнодорожных путей по переходу или служебному проходу.

ПАК «СОКОЛ» в автоматическом режиме информирует пешеходов о приближении поезда с помощью световых и звуковых сигналов, а также передачей голосового сообщения в случае нахождения пешехода в данный момент в опасной близости к железнодорожным путям.

При выявлении нарушений система автоматически подает команды внешним устройствам. На информационный экран выводится графическая информация с фотоизображением нарушителя, а через громкоговоритель озвучивается сообщение-просьба устранить факторы, ухудшающие безопасность нахождения на железнодорожных путях.

Таким образом, персонализация пешехода-нарушителя и обращение именно к нему является фактором мягкого психологического воздействия, которое усиливает его внимание и мотивирует в дальнейшем соблюдать требования техники безопасности при пересечении железнодорожных путей.

В период с февраля по август 2023 г. на полигоне Южно-Уральской железной дороги в рамках опытной эксплуатации были проведены испытания данного инновационного проекта, комплекс которого был установлен на пешеходном переходе в районе железнодорожной станции Чебаркуль [9].

По результатам испытаний выявлена погрешность (точность) распознавания объектов:

- человек — 90%;
- надетый капюшон — 90%;
- использование мобильного телефона — 70%;
- надетые наушники (с оголовьем) — 80%;
- пресечение путей на велосипеде — 90%.

При опытной эксплуатации установлено, что в среднем интенсивность потока по оборудованному переходу составила от 700 до 1100 пешеходов в сутки. Количество нарушений, распознанных системой, составило 8–12% от общего числа пешеходов, количество выявленных отвлекающих факторов — от 12 до 30%. При этом увеличение главным образом связано с сезонностью использования капюшона. Число же нарушений и отвлекающих факторов в виде использования мобильного телефо-

на снижалось от месяца к месяцу в среднем на 1,5%.

В настоящее время ПАК «СОКОЛ» проходит опытную эксплуатацию на пешеходном переходе 3-й категории на перегоне Лахта — Новая Деревня (Санкт-Петербург) Октябрьской железной дороги. Это место выбрано не случайно. Интенсивность людского потока здесь ниже в два раза, чем на станции Чебаркуль, но местные условия в значительной степени отличаются. Это обусловлено расположением рядом с переходом сильно загруженного Приморского шоссе, а также многофункционального общественно-делового комплекса с доминантой в виде башни Лахта-Центра высотой 462 м, которая стала самым высоким зданием в Европе [10].

Данные факторы приводят к повышенному уровню шума и в совокупности с кривизной железнодорожного пути делают переход одним из самых опасных на полигоне. За последние два года на этом участке произошло два смертельных случая. С момента установки и запуска здесь в октябре 2023 г. ПАК «СОКОЛ» не допущено ни одного случая травмирования.

При подведении промежуточных итогов опытной эксплуатации системы на полигонах двух железных дорог комиссии сделали выводы о ее соответствии заяв-

ленным техническим требованиям. При этом рекомендовано продолжить работу с целью дальнейшего внедрения и тиражирования ПАК «СОКОЛ» с учетом реализованной возможности повышения точности распознавания объектов в процессе эксплуатации и набора видеоданных.

Ценность и значимость проекта обусловлена необходимостью сохранения жизни и здоровья граждан посредством идентификации факторов риска при пересечении железнодорожных путей, всестороннего информирования и предупреждения о приближении поезда, что обеспечит повышение уровня безопасности на железнодорожной инфраструктуре и снижение случаев производственного травматизма на пешеходных переходах. **Т**

Источники

1. Профили безопасности дорожного движения субъектов Российской Федерации за 2023 год: стат. сб. / ГУОБДД МВД России. 2023. С. 4–6.
2. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации в 2023 году: Информационно-аналитический обзор / ФКУ «НЦ БДД МВД России». 2022. 154 с.
3. Умный пешеходный переход – КРОСС 1. URL: <https://russiasmartcity.ru/solutions/99> (дата обращения 02.04.2024).
4. Модуль «Умный пешеходный переход»

для АСУНО «Гелиос». URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49198963> (дата обращения 02.04.2024).

5. Интеллектуальная система сигнального освещения на нерегулируемых пешеходных переходах. URL: <https://en.urbantechgroup.ru/umnyy-perehod> (дата обращения 02.04.2024).
6. Цифровой перекресток Казани: как в городе внедряют технологии безопасности на дорогах. URL: <https://habr.com/ru/articles/465361/> (дата обращения 02.04.2024).
7. Кравченко П. А., Олещенко Е. М. Системный подход в управлении безопасностью дорожного движения в Российской Федерации // Транспорт РФ. 2018, № 4 (77). С. 14–15.
8. Анализ состояния производственного травматизма в Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД» за 2023 год / ЦДИ-923 от 27.02.2024.
9. Нарушители посмотрят на себя со стороны. URL: <https://gudok.ru/zdr/178/?ID=1630984&archive=63902> (дата обращения 13.04.2024).
10. «Умный переход» просит пешеходов снять капюшон и наушники. URL: <https://gudok.ru/content/tekhnologii/tsifrovizatsiya/1658236> (дата обращения 13.04.2024).



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, НТО, СТУ, СТО)



Разработка комплексных схем организации улично-дорожной сети



Разработка схем транспортного планирования и комплексных планов развития транспортной инфраструктуры регионов

Логистический пулинг: экономический эффект и правовые аспекты



Ю. Г. Едигарева,
канд. соц. наук, доцент
кафедры международных
отношений и геополитики
транспорта Института
международных транс-
портных коммуникаций
Российского универси-
тета транспорта (РУТ
(МИИТ)), директор
Колледжа международных
транспортных коммуни-
каций РУТ (МИИТ),



В. В. Фролов,
аспирант кафедры эконо-
мики, организации произ-
водства и менеджмента
Института экономики
и финансов РУТ (МИИТ),



В. Б. Ширшиков,
канд. филол. наук, доцент
кафедры русского и ино-
странного языков Акаде-
мии базовой подготовки
РУТ (МИИТ)

Современные вызовы требуют от транспортных компаний внедрения новых бизнес-решений. На помощь приходят инновационные инструменты экономики, связанные с цифровизацией логистических процессов. Это требует изучения получаемых на практике производственных эффектов и применения актуальных источников нормативного регулирования.

Проблематика практическо-го применения и правового регулирования пулинга¹ как одной из форм коллаборации поставщиков для крупных компаний ритейла пока недостаточно освещена в научных изданиях. С одной стороны, материалы, опубликованные по данной проблематике за последние несколько лет, подтверждают актуальность и перспективность описываемого инструмента оптимизации перевозок. С другой, в правовой литературе отсутствует четкое описание нормативного регулирования пулинга как отдельно взятого логистического инструмента.

Транспортная отрасль — стратегически важный элемент экономической деятельности нашего государства, необходимый для обеспечения национальной безопасности, требующий разработки самостоятельной нормативной базы, преобразованной в отдельно выделенную отрасль транспортного права [1, с. 243].

Для оценки текущего состояния транспортной системы и ее долгосрочного развития утверждена государственная программа «Развитие транспортной системы». Совместно с установками Транспортной стратегии РФ ее положения содержат решения транспортных проблем страны [2].

Пулинг — это сервис для производителей товаров повседневного потребления, который разрабатывает единое логистическое решение для поставщиков, торговых сетей и транспортных компаний. Основой сервиса пулинга является онлайн-платформа, предоставляющая информацию о направлениях перевозок, имеющихся грузах и транспортных средствах [3].

¹ Pooling (англ.) — объединение.

Цель данного исследования — выявить соответствие инструмента пулинга нормативно-правовой базе, регламентирующей деятельность транспортной отрасли, а также определить экономический эффект при использовании пулинга при грузовых перевозках.

Логистика — крупный сегмент мировой экономики и рынка каждой отдельно взятой страны, ее эффективность выступает определяющим фактором развития торгового сотрудничества между регионами [4]. Управление поставками предполагает контроль за уровнем издержек, минимизацию потерь и наращивание прибыли через производство и распространение товаров и услуг [5].

В связи с этим автоматизация бизнес-процессов, в частности применение пулинга как формы коллаборации поставщиков, сетей и перевозчиков, является современным решением в рамках предоставления услуг высокого качества и удержания роста их стоимости. При этом взаимоотношения в процессе пулинга нестандартные, так как в процессе принимают участие до четырех субъектов.

Компании-производители выигрывают в том, что при пулинге повышается утилизация (заполняемость кузова) транспорта, что приводит к снижению стоимости перевозки из расчета «рублей на единицу товара». Расширяется зона присутствия продукции за счет отгрузки в сети (в том числе мелкие и средние) минимальных партий грузов в отдаленные регионы. Например, при обычной схеме поставщики направляли свою продукцию на распределительные центры торговых сетей, на которых грузы перерабатывали, собирали и отправляли конечному клиенту. При пулинге

продукция может идти напрямую конечному клиенту. Повышается скорость реагирования на поступающие заявки, растет уровень клиентского сервиса.

Транспортная компания, перевозящая за один рейс грузы по нескольким контрактам, повышает рентабельность работы транспортного средства. Снижается необходимость дополнительной обработки товара в регионе доставки: машины едут напрямую к конечному клиенту.

Платформа зарабатывает на предоставлении услуг планирования рейсов консолидированных доставок.

Торговые сети сокращают время и затраты на погрузо-разгрузочные операции. Например, при обычной поставке от двух поставщиков приходит два транспортных средства, каждое из которых не заполнено продукцией поставщика на 100%. При коллаборации двух (и более) поставщиков в одну поставку на выгрузку прибывает одно транспортное средство, что сокращает внутреннюю логистику распределительного центра. Также увеличивается положительное влияние на экологию (сокращается выброс CO₂ за счет повышения утилизации транспорта) [6].

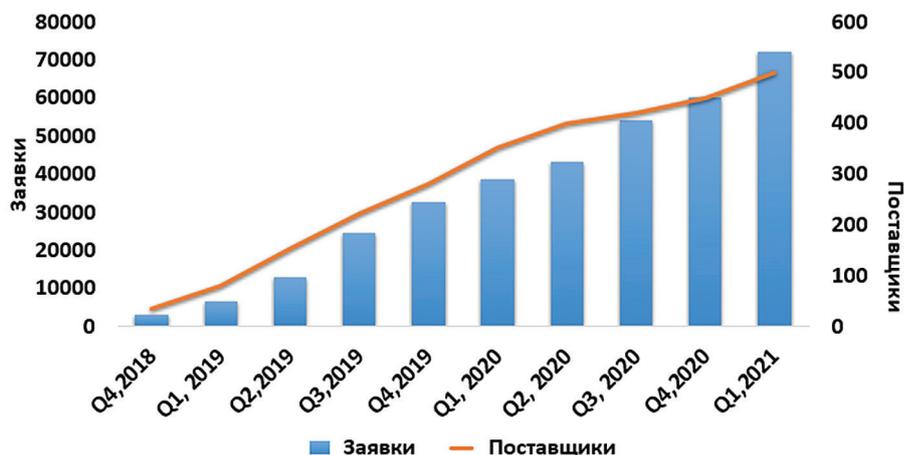
Как свидетельствует зарубежная и отечественная практика, в последнее время в деловой среде пулинг набирает популярность как инновационный элемент реализации новых проектов. В первую очередь это относится к таким сферам услуг, как транспортировка для ритейла и электронной коммерции (e-com). При этом процесс пулинга сокращает расходы на логистику до 30% за счет совместных поставок.

При этом трудности, возникающие при внедрении в транспортную практику новых технологий, требуют их надежного правового регулирования [7].

По результатам исследования портала Pooling.me динамика заказов, поставщиков, а также стоимости заключенных контрактов стабильно растет. Начиная с 4 квартала 2018 г. показатели увеличились более чем в 15 раз (см. рисунок).

Сегодня актуальной задачей является разработка теоретических и практических вопросов, описывающих технологии и преимущества пулинга. На помощь в разработке новых методик приходит прежде всего отраслеобразующая «критическая масса» нормативного материала, накопленная в транспортном законодательстве.

Законы, непосредственно регулирующие транспортные отношения:



Динамика роста заключенных контрактов пулинга. Источник: www.pooling.me (дата обращения 24.01.2023)

- Кодекс внутреннего водного транспорта Российской Федерации от 7 марта 2001 г. № 24-ФЗ;

- Кодекс торгового мореплавания Российской Федерации от 30 апреля 1999 г. № 81-ФЗ;

- Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации от 11.06.2022 г. № 178-ФЗ;

- Федеральный закон от 8 ноября 2007 г. № 259-ФЗ «Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта» и др.

Учитывая степень значимости пулинга для перевозок, его инновативу и высокую гибкость внутренних процессов, обязательным условием становится правовое сопровождение разноуровневых договорных отношений с нестандартным количеством участников.

При этом использование метода властных предписаний, сопровождаемого установлением мер административной ответственности за их несоблюдение, позволяет обеспечить надлежащий уровень дисциплины участников публичных правоотношений. Не случайно этот метод получил особое распространение именно в сфере транспорта, где законность и дисциплина участников отношений, связанных с использованием транспортных средств, являющихся источником повышенной опасности, имеют особое значение [8].

Для оптимизации бизнес-процессов в транспортной сфере с использованием пулинга необходимо решить следующие задачи:

- ввести понятие пулинга;
- изучить действующие экономические и правовые факторы, регламентирующие процессы в транспортной отрасли;

- найти и описать новые инструменты оптимизации существующих схем в грузовых перевозках для снижения затрат и повышения уровня клиентского сервиса.

Предметом исследования являются новые решения из сферы информационных технологий, применяемых при организации и осуществлении грузовых перевозок, а также их влияние на экономические показатели на транспорте, правовые отношения сторон, возникающие при организации процессов транспортировки грузов. Фокус исследования — регламентация и правовое регулирование инновационных процессов при перевозке грузов, снижение затрат и повышение клиентского сервиса на всех этапах управления цепями поставок.

Цель исследования — определить инструменты нормативно-правового регулирования процесса пулинга как одного из самых современных и актуальных методов коллаборации, применяемых при организации транспортных перевозок.

Существуют два основных уровня пулинга: междугородный и городской. В междугородном пулинге экспедиторы (транспортные компании) регистрируются на платформе. После этого они заключают договор с владельцами груза с более выгодными тарифами, чем паллетная отгрузка. Следующий шаг — планирование и согласование графика поставки с участием сторон: поставщик, перевозчик, склад (распределительный центр). При таком варианте пулинга экономия затрат на перевозку составляет 10–30%.

Возможен вариант пулинга, когда из цепи поставки выпадает распределительный центр. В этом случае на скла-



дах нескольких поставщиков перевозчик загружается до полной утилизации и направляется напрямую конечному клиенту. При таком варианте пулинга экономия затрат на перевозку может составлять 15–30%.

В городском пулинге (догрузки) транспортное средство собирает продукцию двух (и более) поставщиков и доставляет его клиенту, минуя склад консолидации. Данный вариант позволяет без увеличения сроков доставлять товар в магазины с экономией до 50% от тарифа в зависимости от типа используемого транспорта, а также повысить утилизацию автомобиля.

Для практического исследования принят вариант междугородного пулинга. В методологическую основу исследования включены методы классификации, систематизации, качественные и количественные социологические методы в виде опросов и интервью, экономико-математическое моделирование логистических процессов.

Помимо сбора статистических данных авторы использовали обще-

социологические методы исследования: количественный (в форме опроса специалистов-логистов различных компаний) и качественный (в форме структурированного интервью с руководителями подразделений, являющихся экспертами логистических проектов).

Результаты исследования подтвердили его основную гипотезу: внедрение пулинга как способа доставки груза от производителя к конечному потребителю позволяет значительно снизить транспортные расходы, уменьшить количество контрагентов и сэкономить время на доставку товаров в цепях поставок.

Также при рассмотрении изучаемого материала проанализирована действующая в России нормативно-правовая база. Научный сравнительно-правовой анализ инструмента пулинга показал его плюсы и минусы при использовании в организации транспортных перевозок.

Экономическая эффективность любых коммерческих действий — один из важнейших показателей независимо от

сферы деятельности. Разберем стоимость доставки продукции с двух торговых предприятий в Брянске и Смоленске.

Доставка может быть паллетная (со складом консолидации в Ворсино Калужской области) и полным траком из Брянска с догрузом в Смоленске. Возьмем следующие вводные: каждая компания везет в Петрозаводск по 16 паллет весом не более 650 кг. Стоимость погрузки/выгрузки одной паллеты на складе консолидации в Ворсино 150 рублей. Тарифные условия у компаний равные (см. таблицу).

В данном кейсе мы видим, что коллаборация нескольких поставщиков в транспортной логистике дает экономию средств более 35%.

Рассмотрим вопрос общих условий, которые необходимо учитывать при разработке нормативно-правовой базы для регулирования пулинга. На этапе формирования заказа на перевозку взаимоотношения сторон регулируются Гражданским кодексом (гл. 39. Возмездное оказание услуг), где платформа оказывает информационные услуги, а остальные участники процесса являются заказчиками, получателями и плательщиками.

На этапе перевозки за основу договора пулинга принят договор транспортной экспедиции, действия которого регламентируются ст. 801 «Договор транспортной экспедиции» ГК и Федеральным законом от 30 июня 2003 г. № 87-ФЗ «О транспортно-экспедиционной деятельности». При этом участник пулинга «платформа» не является стороной в договорах между грузоотправителями и перевозчиками.

Учитывая количество участников договора пулинга (три и более), для доработки договора в части прав и обязанностей каждой из сторон целесообразно ориен-

Сравнение стоимости доставки с использованием пулинга, руб.

Составной элемент стоимости	Стоимость при использовании склада консолидации	Стоимость без использования склада консолидации
Маршрут Смоленск – Ворсино (10-тонник РЕФ)	36 000	0
Маршрут Брянск – Ворсино (10-тонник РЕФ)	34 000	0
Маршрут Ворсино – Петрозаводск (20-тонник РЕФ)	100 000	0
Маршрут Брянск – Петрозаводск (20-тонник РЕФ)	0	110 000
Выгрузка 32 паллет на складе консолидации в Ворсино (2 компании по 16 паллет)	4800	0
Загрузка 32 паллет на складе консолидации в Ворсино (2 компании по 16 паллет)	4800	0
Дополнительная точка загрузки в Смоленске	0	2500
Итого:	179 600	112 500
Экономический эффект	38%	

тироваться на п. 3 «Свобода договора» ст. 421 ГК, который гласит: «стороны могут заключить договор, в котором содержатся элементы различных договоров, предусмотренных законом или иными правовыми актами (смешанный договор)».

Обязательным предварительным этапом заключения договора пулинга должно стать описание каждым участником своих бизнес-процессов, на границе которых осуществляется передача прав и обязанностей в рамках договора пулинга. Таким образом, стороны подготавливаются к процедуре регламентации взаимодействия при оперативной деятельности в рамках договора пулинга.

Процедура данной регламентации позволяет учесть детали взаимодействия сторон на всех уровнях и этапах цепи поставок. С помощью описанного регламента каждая из сторон договора понимает и принимает условия взаимодействия, которые направлены на исключение возможности возникновения спорных ситуаций.

Таким образом, в договоре пулинга должны отражаться основные положения взаимодействия всех сторон договора, их обязанности, права, штрафные санкции за нарушение условий договора каждой стороной, условия оплаты. Согласованный и подписанный регламент взаимодействия сторон является неотъемлемой частью договора пулинга и разрабатывается под каждое новое логистическое решение с учетом его индивидуальных особенностей [9].

В случае нарушения условий договора пулинга стороны несут ответственность в соответствии с действующим законодательством РФ. Все споры и разногласия по договору пулинга разрешаются в Арбитражном суде согласованно сторонами города РФ.

Для мониторинга выполнения условий договора при осуществлении поставок должна быть создана совместная группа, включающая сотрудников каждой стороны договора. Она следит за внедрением договора пулинга, контролирует выполнение согласованного плана, оперативно решает спорные вопросы, оценивает KPI в соответствии с согласованными в договоре метриками, вносит предложения по оптимизации процесса пулинга.

Особое внимание в договоре должно занимать место клиентского сервиса, так как качество предоставляемых услуг каждой стороной сквозным итогом влияет как на участников договора отдельно, так и на общий результат в целом. При этом особое значение имеют два фактора: невыполнение условий договора каждого исполнителя и некорректное планирование. Снижение рисков по данным факторам должно обеспечиваться как на оперативном, так и на управленческом уровне каждой стороной договора.

В случае нарушения либо невыполнения условий договора одной из сторон целесообразно приступить к поиску

нового участника либо вернуться к ранним схемам поставок.

По мнению многих участников рынка, пулинг очень выгоден и уже дает свои результаты. В частности, компания «Магнит» отмечает, что при использовании пулинга товарный запас, формируемый из-за выставленных ограничений на заказ, сократился в два раза. При этом процент опаздывающих заявок снизился на 8 пунктов, а среднее опоздание исполнения заявок сократилось на 0,7 дня.

Компания «Джонсон и Джонсон» описывает экономический эффект следующим образом: «Экономия на направлениях, где мы достигаем пулинг-тарифа, составляет в среднем 30%. Общая экономия достигла порядка 8–9%, а срок поставки сократился в среднем на полтора дня».

Поддерживает данные оценки и компания «Пудофф»: «Используя инструмент пулинга, мы достигли экономии в затратах на логистику в диапазоне 17–20%».

В то же время при рассмотрении исследований коллег были отмечены и недостатки пулинга:

- необходимость изменения графика поставок;
- возможность оплаты простоев, что увеличит логистические расходы;
- отсутствие гарантии снижения цены [10].

На основании анализа полученных результатов, а также информации ученых и крупных игроков бизнеса



можно сделать вывод, что пулинг является эффективным инструментом по снижению затрат в грузовых перевозках и полностью соответствует правовой концепции, регулирующей деятельность транспортной отрасли [11].

При этом до настоящего времени данный инструмент изучен отечественными учеными недостаточно, поскольку портал Pooling.me — первый и пока единственный информационный ресурс в РФ подобного рода.

Рассмотрение зарубежных источников по данному вопросу показало, что, учитывая высокие требования к экологической безопасности, принятые за рубежом, ключевым фокусом при изучении технологии пулинга становится его влияние на снижение негативного воздействия выбросов углеродов от деятельности транспорта при грузовых перевозках [12, 13].

Некоторые исследователи отмечают, что консолидация грузов является эффективным способом оптимизации использования логистических ресурсов, когда объединение локальных и операционных уровней логистики нескольких поставщиков в совместное управление цепями поставок может оказать позитивное влияние на окружающую среду на стратегическом уровне [10]. При этом зарубежные авторы также подтверждают экономический эффект от применения пулинга [14].

В заключение следует подчеркнуть, что эффективное применение пулинга как формы коллаборации при организации перевозок во многом связано со спецификой и географией отечественной экономики. Использование конструкции смешанного договора для регулирования возникающих правоотношений между всеми участниками договора пулинга, конечно, возможно. Однако этот подход требует от участников рынка дополнительных затрат на этапе переговорного процесса, а отсутствие универсального регулирования будет поддерживать такую степень неопределенности в формулировании взаимных прав и обязанностей, которая будет приводить к их нарушениям.

Полагаем необходимым устранить имеющиеся пробелы нормативного регулирования в рассматриваемой сфере, прописав:

- нормативное определение пулинга как вида деятельности или совокупности правоотношений;

- разграничение ответственности в триаде «платформа — грузоперевозчик — грузоотправитель»;

- наделение грузоперевозчика правом на оценку и экспертизу грузов, подлежащих возврату.

В целом же проблема эффективного применения пулинга достаточно актуальна, особое место в ней занимают процедуры регламентации взаимодействия сторон и описание вариантов оптимизации бизнес-процессов в перевозке, приводящих к экономии. **□**

Источники

1. Землин А. И. и др. Правовое обеспечение профессиональной деятельности (основы права) для транспортных специальностей: учеб. для СПО / под общ. ред. А. И. Землина. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2020. 421 с.
2. Землин А. И., Землина О. М., Денисова Ю. В. Актуальные организационно-правовые вопросы применения программно-целевого метода финансового обеспечения развития железнодорожного транспорта в России // Транспортное право и безопасность. 2017. № 12 (24). С. 57–71. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=zxmjel> (дата обращения 24.01.2023).
3. Stavrou D. I., Ventikos N. P., Yang Z. L. Benchmarking container port security risks by applying a FIS methodology // *Int. J. Shipping and Transport Logistics*. 2018. Vol. 10, no. 4. P. 377–405. DOI: 10.1504/IJSTL.2018.093453.
4. Едигарева Ю. Г., Власов А. В. Управление цепями поставок: особенности применения SCM-систем: от теории к практике // Ученые записки Российской Академии предпринимательства. 2018. Т. 17, № 4. С. 209–222. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36645988> (дата обращения 24.01.2023).
5. Едигарева Ю. Г., Власов А. В. Опыт и проблемы использования IT-технологий в системе грузовых воздушных перевозок // Ученые записки Российской Академии предпринимательства. 2018. Т. 16, № 40. С. 153–161. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36457642> (дата обращения 24.01.2023).
6. Bagreeva E. G., Zemlin A. I., Shamsunov S. K., Blankov A. S. On the Issue of lassification of risks of Environmental safety of the transport complex: legal and organizational aspects. *Supplementary Notebook Turismo: Estudos & Práti-*

cas (UERN), Mossoró/RN, Caderno Suplementar 01, 2021. URL: <https://publons.com/publon/44764697> (дата обращения 24.01.2023).

7. Владимиров А. И. О научных и научно-педагогических школах. М.: Недра, 2013. 61 с.
8. Землин А. И. Административно-правовые аспекты обеспечения транспортной безопасности // *Национальная безопасность и стратегическое планирование*. 2019. № 4 (28). С. 10–14. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42391795> (дата обращения 24.01.2023).
9. Zemlin A., Kholikov I., Mamedova I. Current issues of metro safety technical regulations. *Lecture Notes in Civil Engineering*, Springer, 2021. Vol. 130. P. 236–247. URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85101990853&origin=resultslist> (дата обращения 24.01.2023).
10. Федосеева Е. С. Оптимизация затрат на логистику с помощью пулинга // *Шаг в науку*. 2020. № 4. С. 93–95. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44610362> (дата обращения 24.01.2023).
11. Вирячева Е. В., Иванова О. П. Пулинг — новый тренд в сфере доставки товаров в Российской розничной цепи // *Экономические и управленческие технологии XXI века: теория и практика, подготовка специалистов: Материалы метод. и науч.-практ. конф.* 2019. С. 74–77. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41883043> (дата обращения 24.01.2023).
12. Pan S., Ballot E., Fontane F. The reduction of greenhouse gas emissions from freight transport by pooling supply chains // *Int. J. Prod. Economics*. 2013. Vol. 143, Iss. 1. P. 86–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.10.023> (дата обращения 24.01.2023).
13. Demin V. A., Efimenko D. B., Komkova D. A. et al. Multi-agent approach to freight transportation using pooling technology. *Systems of signals generating and processing in the field of on board communications*. Moscow, 2021. DOI: 10.1109/IEEECONF51389.2021.9416077.
14. Xiaozhou Xu, Shenle Pan, Ballo E. Allocation of Transportation Cost & CO₂ Emission in Pooled Supply Chains Using Cooperative Game Theory *IFAC Proc. May* 2012. Vol. 45, Iss. 6. 23–25. P. 547–553. DOI: <https://doi.org/10.3182/20120523-3-RO-2023.00078>.

Анализ рынка по перевалке грузов в морских портах России



Т. П. Сацук,
д-р экон. наук, профессор
кафедры «Бухгалтерский
учет и аудит» Петер-
бургского государствен-
ного университета путей
сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),



С. А. Жутяева,
канд. экон. наук, доцент
кафедры «Бухгалтерский
учет и аудит» ПГУПС

В морских портах России обрабатывается около 90 % внешнеторговых грузов, стивидорная отрасль является ключевым звеном в международной торговле. При этом в деятельности портов возникают риски, которые необходимо детально изучать и своевременно устранять.

Грузооборот портов — это комплексный индикатор «самочувствия» транспортной системы, экспортного и логистического секторов, показатель, позволяющий судить о функционировании портовых комплексов и их способности привлекать грузы и суда.

Грузопотоки в значительной степени определяются изменениями в спросе, а объем грузооборота портов дает представление о состоянии мировой экономики и потенциальных потребностях в развитии транспортной инфраструктуры и инвестициях.

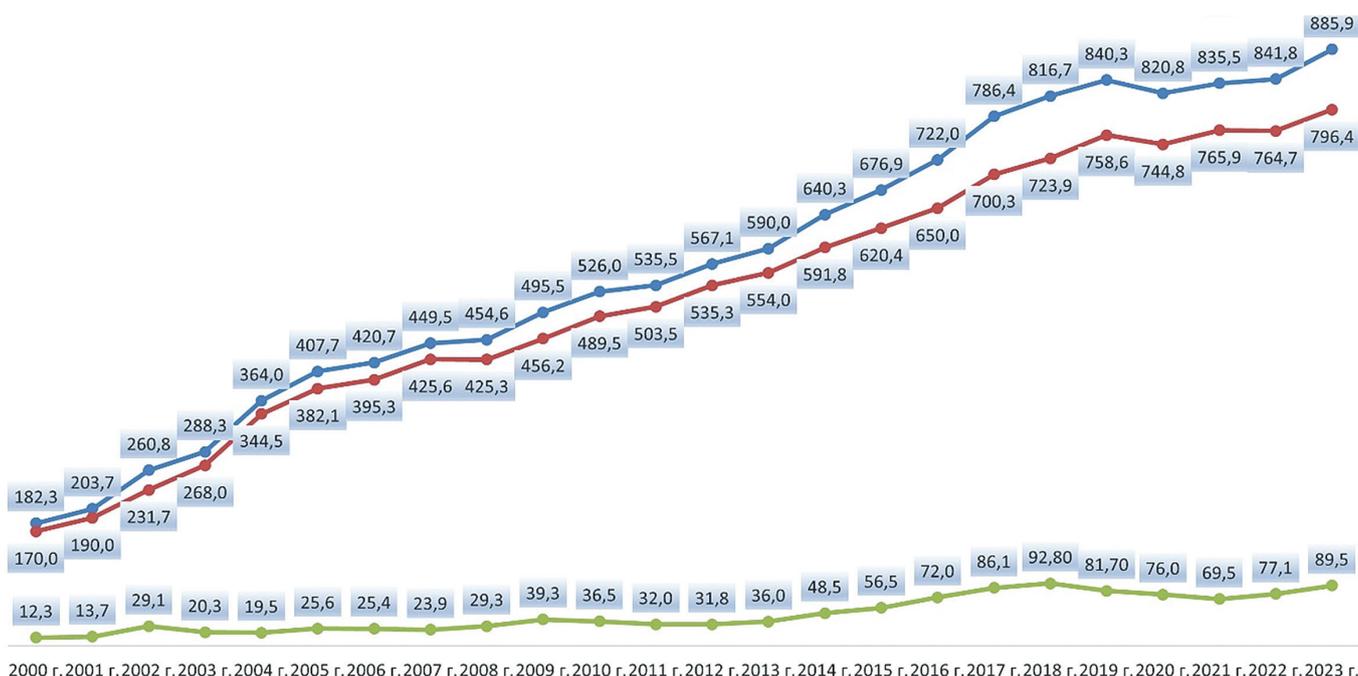
По итогам 2023 г. грузооборот российских морских портов (по всем видам грузов) вырос на 5 % по сравнению с прошлым годом и достиг 885,9 млн т (см. рисунок).

Россия по-прежнему занимает скромное место в системе международных морских перевозок, хотя наблюдается положительная динамика: с 2010 г. растет доля в общем объеме перевозок (табл. 1).

На развитие морских перевозок влияют разные факторы: средняя продолжительность навигации, скорость доставки грузов, средняя себестоимость, тип используемого флота и способ организации перевозок. Для усиления роли России в системе мировой торговли потребуются модернизация транспортной инфраструктуры, снижение издержек, ускорение товарооборота и другие меры, закрепленные в Морской доктрине РФ до 2030 года и в Стратегии развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года.

Согласно Стратегии, с учетом реализации проектов, включенных в Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры, расширение объемов портовых мощностей к 2030 г. приведет к росту грузооборота до 1,1 млрд т. Проанализируем выполнение промежуточных целевых индикаторов по итогам 2020 г. (табл. 2).

В целом можно отметить, что по итогам 2020 г. эффективность использования



Объем перевалки грузов через морские порты России [1]

Таблица 1. Динамика морских грузовых перевозок, млн т

Показатель	1980	1990	2000	2005	2010	2015	2021	2023
В мире	3704	4008	5984	7109	8409	10 024	11 000	11 132*
В СССР и РФ	392,6	403,4	182,2	407	526	676,9	835,5	885,9
Доля РФ, %	10,60	10,06	3,04	5,73	6,26	6,75	7,60	7,96

Примечание: * — по оценкам ЮНКТАД [2].

Таблица 2. Целевые индикаторы реализации Стратегии развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 г.

Показатель	2020 г., факт.	2023 г., факт.	2020 г. план En	2020 г. план Inn	2030 г. план En
Объем перевалки грузов, млн т	820,8	885,9	859,8	942,0	1102,6
Мощность перегрузочных комплексов, млн т	1226,5	1294,7	1323,1	1410,3	1472,7
Коэффициент использования, %	67	68	65	67	75

Примечания: En — консервативный (энерго-сырьевой) вариант; Inn — инновационный вариант.

Таблица 3. Грузооборот морских портов России по основной номенклатуре, млн т

Грузы	2020 г. план En	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Отклонение 2023 г. от 2021 г., %
Сухогрузы						
Уголь	108,7	188,6	202,8	206,5	205,6	109,01
Зерно	37,4	50,3	42,4	45,1	70,6	140,36
Контейнеры	93,1	57,7	61,2	45,3	50,1	86,83
Минеральные удобрения	38,3	19,2	19,3	24,2	36,7	191,15
Чермет	53,5	26,9	29,0	24,5	21,3	79,18
Руда	24,5	13,2	11,9	12,7	9,8	74,24
Прочие	75,9	48,8	42,3	43,3	52,6	107,79
Итого	431,4	404,7	413,0	404,8	446,7	110,38
Наливные						
Нефть	255,0	235,1	238,1	256,0	272,2	115,78
Нефтепродукты	120,0	142,6	146,7	139,0	121,5	85,20
Сжиженный газ		32,6	32,4	35,2	34,1	104,6
Прочее	53,4	5,8	5,2	6,7	9,1	156,9
Итого	428,4	416,1	422,4	436,9	436,9	105,00
Всего	859,8	820,8	835,4	841,7	883,6	107,65

вложений в морскую инфраструктуру достигла заданного уровня: коэффициент использования портовых мощностей составил 67%, что соответствует инновационному плану развития. Однако не выполнен план по увеличению портовых мощностей и объему перевалки грузов на 7% и 5% соответственно от консервативного варианта.

Низкая загруженность — одна из проблем российских портов. Некоторым морским терминалам не хватает причальных глубин, другие не способны обрабатывать или хранить особые виды грузов (крупногабаритных, особорежимных, опасных).

Для увеличения портовых мощностей на рынке стивидорных услуг необходимо развивать конкуренцию, однако некоторые барьеры вхождения на данный рынок препятствуют или затрудняют хозяйствующим субъектам начало дея-

тельности. Можно выделить следующие ограничения для входа на рынок.

1. Экономические:

- необходимость больших инвестиций в создание инфраструктуры для оказания услуг по транспортной обработке грузов в портах, большой срок окупаемости инвестиций;
- большой экономический потенциал имеющихся организаций в сфере погрузо-разгрузочных работ, способных при наличии спроса без особых затрат значительно увеличить объем производства (эффект масштаба производства);
- от инвестора требуется не только вложить деньги, но и предоставить финансовые гарантии смежным компаниям (ОАО «РЖД», ФГУП «Росморпорт») по загрузке их инфраструктуры, а следовательно, фактически объем инвестиций вырастает втрое;

• процессы перевалки отличаются повышенной энергоемкостью, постоянный рост стоимости энергоносителей снижает эффективность деятельности.

2. Административные:

- необходимость получения лицензии на осуществление отдельных видов деятельности;
- трудность получения частным инвестором земельного участка, сопряженного с водной акваторией с гарантированными глубинами для крупнотоннажных судов;
- длительный и сложный процесс согласования и получения разрешительных документов по расширению стивидорными компаниями производственных мощностей;
- экологические ограничения: до 2000 г. в соответствии с Водным кодексом размещение складов хранения

Таблица 4. Грузооборот портов Балтийского бассейна, млн т [5, 6]

Порт	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
	Сухие грузы	Наливные грузы	Сухие грузы	Наливные грузы	Сухие грузы	Наливные грузы
Усть-Луга	53,0	56,0	55,8	68,3	112,5	
Приморск	-	53,0	2,3	54,8	63,1	
Большой порт Санкт-Петербург	50,5	11,5	34,3	4,5	49,6	
Высоцк	4,3	12,6	2,4	13,6	12,8	
Калининград	9,1	1,5	7,1	1,2	н/д	
Выборг	1,0	0,1	1,3	-	н/д	
Итого	118,0	134,6	103,2	142,4	113,1	135,5
Всего	253,0		245,6		248,6	

Таблица 5. Динамика грузооборота отдельных видов товаров

Грузооборот, контейнерооборот	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Грузооборот удобрений, всего, млн т, в том числе по бассейнам:	19,3	24,2	36,7
Балтийский	12,5	17,6	28,0
Азовско-Черноморский	3,4	3,7	4,0
Арктический	3,2	2,9	н/д
Контейнерооборот, всего, млн TEU, в том числе по бассейнам:	5,60	4,30	4,96
Дальневосточный	2,12	2,30	2,57
Балтийский	2,50	1,07	1,22
Азовско-Черноморский	0,84	0,77	1,00

химических удобрений ближе 500 м от кромки воды было запрещено [3].

3. Другие:

- неопределенность и риск, связанные с макроэкономической ситуацией в стране и мире, затрудняют прогнозирование деятельности морского порта, в том числе стивидорных компаний.

Подробно изучая объем перевалки по видам грузов (табл. 3) на основании данных Росморречфлота [4] и Стратегии, можно отметить, что в 2020 г. был перевыполнен консервативный план по перевалке угля, зерна и нефтепродуктов на 74, 35 и 18% соответственно.

При этом такие грузы, как контейнеры, удобрения и нефть продемонстрировали невыполнение плана на 38, 50 и 8% соответственно. Динамика грузов за 2020–2023 гг. положительная по многим видам грузов, кроме контейнеров: их объем снизился на 13%. Стремительно вырос объем перевалки в категории «удобрения» — на 91%.

Распределение грузовой базы по бассейнам в России неравномерно из-за особенностей расположения производственных мощностей и рынков сбыта. Например, большая часть угля и кокса переваливается в портах Дальнего Востока, грузы в контейнерах и минеральные удобрения — в балтийских портах, зерно и металлы — в Азово-Черноморском бассейне.

Из табл. 3 видно, что по двум видам грузов невыполнение плана критичнее всего — это контейнеры и удобрения. Рассмотрим результаты работы портов Балтийского бассейна, в которых данные грузы преобладают (табл. 4).

Общий грузооборот морских портов Балтики по итогам 2023 г. составил 248,6 млн т, что только на 1,3% больше, чем за 2022 г. Однако по сравнению с показателем за 2021 г. грузооборот даже сократился на 1,7%.

В бассейне Балтийского моря расположены шесть мажоритарных (с оборотом более 1 млн т в год) российских морских портов: Большой порт Санкт-Петербург, Приморск, Высоцк, Выборг, Усть-Луга, Калининград. Они являются конечными пунктами российских участков международных транспортных коридоров.

Все порты Балтийского бассейна расположены на территории Северо-Западного региона России, обладающего значительным транспортным потенциалом. Регион пересекают два международных транспортных коридора: № 2 («Восток — Запад») и № 9 («Север — Юг»), они важны для экономического развития страны.

В 2022 г. в стране начались структурные изменения во всех отраслях экономики, в том числе в области транспор-

товки грузов. С российского рынка ушли многие международные транспортные компании, грузопоток переориентировался с запада на восток и на юг. В табл. 5 четко прослеживаются эти изменения. Так, перевалка в контейнерах стала преобладать в портах не Балтийского бассейна, а Дальневосточного.

По данным табл. 5 видно, что на долю Балтийского бассейна приходится 76% грузооборота удобрений. Перевалка минеральных удобрений через эти порты географически выгодна, поскольку у Группы «ФосАгро» и АО «ЕвроХим» имеются химические заводы, расположенные в Ленинградской области. Согласно Стратегии, к 2030 г. морская перевозка удобрений в России должна составить 65,9 млн т, на данный момент план выполнен на 60%. В обозримой перспективе есть необходимость наращивать объемы перевалки данного груза.

Арктический бассейн имеет естественное ограничение по срокам навигации, а также проблемы с пропускной способностью ОАО «РЖД», поэтому он остается экономически выгодным лишь для транспортировки удобрений с северных производств в незначительных объемах.

Контейнерооборот портов России в 2023 г. вырос на 15%, однако это ниже 2021 г. на 12%. Дальневосточный бассейн в 2022–2023 гг. стал лидером по обработке контейнеров, на их долю приходилось 53 и 51% соответственно. Основные проблемы наблюдаются в портах Балтийского бассейна, объем перевалки снизился в 2 раза. К примеру, мощности Большого порта Санкт-Петербурга по перевалке контейнеров загружены всего на 24%.

Результаты анализа рынка по перевалке грузов в морских портах позволяют сделать следующие выводы.

1. Россия является крупнейшим экспортером минеральных удобрений, око-



ло 15% от годового потребления в мире приходится на продукцию отечественных компаний. В ближайшей перспективе необходимо сохранять объем экспорта и наращивать строительство терминалов минеральных удобрений.

Барьеры входа на данный рынок считаются преодолимыми, поскольку затраты экономически оправдываются доходами, которые получит хозяйствующий субъект, собирающийся войти на данный товарный рынок. К примеру, простой балкерный терминал с грейферной погрузкой можно построить за 2–3 года, а для строительства специализированного терминала понадобится около 5 лет, начиная с принятия инвестиционного решения [7, 8].

2. Самый проблемный вопрос в перевалке грузов в морских портах — это низкий объем контейнерных перевозок и катастрофическая нехватка судов-контейнеровозов, причем в России практически отсутствует их производство. В обозримой перспективе необходимо развивать логистический сервис, расширять номенклатуру грузов, перевозимых в контейнерах, например, таким способом можно больше переваливать удобрений, что продиктовано требованиями экологии и безопасности. В среднесрочной перспективе необходимо создать национального российского контейнерного

перевозчика и построить собственный контейнерный флот.

Таким образом, морской порт выполняет важную функцию транспортного узла, концентрирующего элементы логистической инфраструктуры для эффективной и качественной обработки грузов. Предстоит значительная трансформация услуг по перевалке грузов, это необходимо, чтобы достичь суверенитета на международном морском рынке. **Т**

Источники

1. Динамика грузооборота морских портов России // АО «Морцентр-ТЭК». Аналитика. URL: <https://morcenter.ru/analytys> (дата обращения 21.04.2024).
2. Обзор морского транспорта 2018 и 2023 гг. URL: https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2018_ru.pdf, https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2023overview_ru.pdf (дата обращения 21.04.2024).
3. ФЗ от 02.07.2021 года № 340 «О внесении изменений в закон «О морских портах в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389079 (дата обращения 21.04.2024).
4. Грузооборот морских портов России по основной номенклатуре грузов за 12

месяцев 2023 г. // Ассоциация морских торговых портов. Статистика. URL: https://www.morport.com/sites/default/files/inline/files/12_2023_nomenklatura.pdf (дата обращения 21.04.2024).

5. Грузооборот порта Усть-Луга в 2021 году вырос на 7% // ПортНьюс. URL: <https://portnews.ru/news/323964/> (дата обращения 21.04.2024).
6. Грузооборот морских портов России по итогам 2023 г. вырос на 5% до 883,8 млн т // Федеральное агентство морского и речного транспорта. URL: <https://morflot.gov.ru/novosti/lenta/gruzooborot-morskikh-portov-rossii-po-itogam-2023-goda-vyros-na-5-do-883-8-mln-t> (дата обращения 21.04.2024).
7. Стоимость строительства морского терминала для перевалки зерна: основные факторы и примеры реальных проектов // ПортыИнфо. URL: <https://portsinfo.ru/ports-news/144-port-news/170800-stoimost-stroitelstva-morskogo-terminala-dlya-perevalki-zerna-klyucheveye-factory> (дата обращения 21.04.2024).
8. Илатовский Д. Будем прирастать по всем основным видам грузов // Ассоциация морских торговых портов. URL: <https://www.morport.com/rus/publications/denis-ilatovskiy-budem-priostat-po-vsem-osnovnym-vidam-gruzov> (дата обращения 21.04.2024).

Влияние средней дальности перевозки на потребный парк грузовых вагонов



Ф. И. Хусаинов,
канд. экон. наук, эксперт
Института экономики
и регулирования
инфраструктурных
отраслей Национального
исследовательского
университета «Высшая
школа экономики»

В последнее время в связи с ростом вагонного парка вновь возобновилась дискуссия о том, как быть и что делать в связи с этим. Чтобы корректно ответить на вопрос «что делать?» или на еще более важный «чего не делать?», нужно прежде всего разобраться с истинными причинами этого явления.

В настоящей статье автор хотел бы обратить внимание на один важный аспект, который юридически ускользает в процессе обсуждения затронутой темы. Для начала рассмотрим динамику основных показателей работы ОАО «РЖД», оказывающих влияние на величину спроса на перевозки и, следовательно, на количество вагонного парка, которое может его обеспечить.

В таблице приведены некоторые показатели работы сети РЖД с 2010 по 2022 г. [1–3]. В принципе можно было бы дать выборку и с 2003 г., выводы бы не изменились, но, как известно, с 2010 г. поменялась методика учета вагонов рабочего парка. Это привело к тому, что многие показатели, в частности оборот вагона рабочего парка, производительность вагона рабочего парка и некоторые другие, в формуле расчета которых используется показатель рабочего парка, стали непоставимы для данных до 2010 г. и после. Потому рассмотрим период с 2010 по 2022 г. [4–10].

В последнем столбце приведены данные об отношении соответству-

ющего показателя в 2022 г. к уровню 2010 г. Наглядно видно, что темпы роста грузооборота, вагонного парка (как общего, так и рабочего), оборота вагона и средней дальности перевозки близки (показатели находятся в диапазоне +30...+34%, общий парк +24%), а рост погрузки существенно отстает (+2,4%).

Зафиксируем на этом внимание: погрузка грузов (тонны) за этот период выросла не слишком сильно, зато существенно увеличился грузооборот. Это значит, что при прочих равных составляющих выросла дальность перевозок. Действительно, из данных таблицы видно, что средняя дальность перевозки груза (т. е. расстояние от точки погрузки до точки выгрузки) увеличилась на 30,2%.

Это позволяет сделать вывод, что рост средней дальности перевозок, повлекший за собой соответствующее увеличение грузооборота (+31,1%), а заодно и грузооборота с учетом порожнего пробега (+31,9%), объективно должны были привести и привели к росту вагонного парка, поскольку если вагоны едут

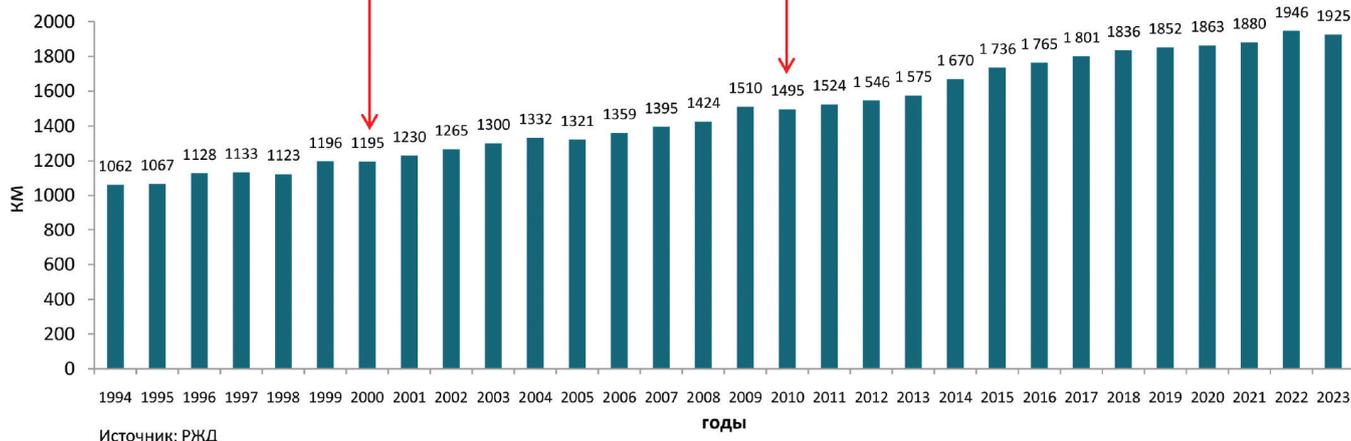
Некоторые показатели работы ОАО «РЖД» за 2010–2022 гг.

Показатель	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	2022 г. к 2010 г., в %
Грузооборот, млрд т-км	2011,3	2304,8	2597,3	2601,9	2544,8	2638,6	2636,1	131,1
Грузооборот с учетом порожнего пробега, млрд т-км	2501,8	2954,9	3304,8	3305,0	3221,0	3320,3	3300,4	131,9
Погружено, млн т	1205,8	1214,5	1289,6	1278,1	1243,6	1282,8	1234,3	102,4
Оборот вагона рабочего парка, сут.	13,4	16,5	15,3	16,1	17,1	16,5	18,0	134,3
Средняя дальность перевозки одной тонны груза, км	1495	1735,5	1836	1852	1863	1880	1946	130,2
Общий парк грузовых вагонов*, тыс. ед.	1026,7	1155,7	1111,9	1168,6	1202,9	1240,8	1273,9	124,1
Рабочий парк грузовых вагонов*, тыс. ед.	817,8	944,2	952,0	1007,9	996,9	1033,7	1083,1	132,4

* Данные о вагонных парках на декабрь соответствующего года (для 2015–2022 гг. — по ф. 9д-3).

Рост на 61 % к 2000 г.

Рост на 29 % к 2010 г.



Источник: РЖД

Рис. 1. Динамика средней дальности перевозки одной тонны груза в 1994–2023 гг., км

большее расстояние, то должна возрасти и потребность в них.

Если раньше вагон возвращался через 13 или 15 суток, а теперь из-за выросшей дальности — через 18 суток, то для обеспечения одного и того же объема погрузки требуется больше подвижного состава. На этой логике, в частности, строятся все методики определения потребного парка со стандартной формулой

$$N_{\text{потр}} = U_{\text{погр}} * \Theta_{\text{в}}, \quad (1)$$

где $U_{\text{погр}}$ — среднесуточное количество погруженных вагонов;

$\Theta_{\text{в}}$ — оборот вагона рабочего парка.

В разных методиках эта формула подвергается дополнительным модификациям, но ее общая конструкция всегда построена на том, что потребный парк является функцией двух переменных: погрузки и оборота вагона [11].

Таким образом, растущая потребность в парке вагонов, которую ощущают участники рынка (и которая иногда выражается в росте ставок предоставления вагонов), является прямым следствием роста оборота вагона. Основные причины этого лежат не столько в увеличении парка (это не причина, как мы увидели выше, а лишь следствие), сколько в изменении средней дальности перевозки, а она, в свою очередь, больше зависит от нахождения точек зарождения и погашения грузопотока, нежели от самой по себе величины погрузки. (Если вы едете в среднем на 30% дальше, то при прочих равных условиях вы поедете и на 30% дольше — не 13, а 18 суток.)

Тот факт, что погрузка изменилась не сильно (+2,4%), а грузооборот — существенно сильнее (+31,1%), говорит о том, что проблема носит объективный характер, и даже если бы не существовало множества операторов подвижного состава, а была бы одна монополия, владеющая вагонами, ей пришлось бы столкнуться с ростом средней дальности перевозок (и с ростом груженого рейса, а в качестве функции от груженого рейса — и с ростом порожнего рейса), ростом грузооборота (даже если абстрагироваться от грузооборота с учетом порожнего пробега), ростом оборота вагона и всеми соответствующими проблемами.

Динамика средней дальности перевозки одной тонны груза в 1994–2023 гг. приведена на рис. 1.

Здесь необходимо отметить, что сам по себе рост средней дальности перевозок — это тенденция не только последних двух десятилетий, а более продолжительного периода [12–14]. Этим подтверждается фундаментальность и долгосрочность, а не сиюминутность рассматриваемой проблемы.

Конечно, не следует думать, что средняя дальность — единственный фактор, влияющий на оборот вагона. Из четырех элементов оборота вагона один (простой под грузовыми операциями) совсем не зависит от средней дальности, но три остальных зависят. Время в движении зависит, поскольку оно пропорционально дальности, а время простоя на технических и промежуточных станциях — потому что количество таковых растет с увеличением расстояния (дальности) перевозки.

Корреляционный анализ также показывает заметные колебания степени тесноты связи между этими показателями от года к году: в зависимости от выбранного периода коэффициент детерминации колеблется от 0,35 до 0,80 (например, для выборки годов, приведенных в таблице, коэффициент детерминации для облака из семи точек составляет 0,76, что можно интерпретировать примерно так: на 76% в эти годы оборот вагона зависел от средней дальности, и на 24% — от других факторов).

Но даже в рамках такого упрощенного взгляда, как динамика показателей, приведенных в таблице, видно, что если погрузка выросла не слишком сильно, а дальность — в существенно большей степени, именно это и определило итоговый рост грузооборота.

Кроме того, если мы посмотрим на структуру оборота вагона¹, то можем заметить, что с 2010 по 2022 г. выросли все четыре элемента оборота вагона, но тот, который не связан с дальностью (простой под грузовыми операциями) вырос на 28%, тогда как простой на технических станциях — на 43%, а время в движении — на 40%. При этом увеличение времени в движении одновременно может быть связано как с ростом расстояния перевозки, так и с уменьшением скорости. В любом случае 40%-ный рост этого элемента вполне согласуется с 30%-ным ростом средней дальности.

Следовательно, гипотеза о том, что рост (т. е. замедление) оборота вагона связан исключительно с тем, что част-

¹ Например, <https://f-husainov.livejournal.com/848106.html>.

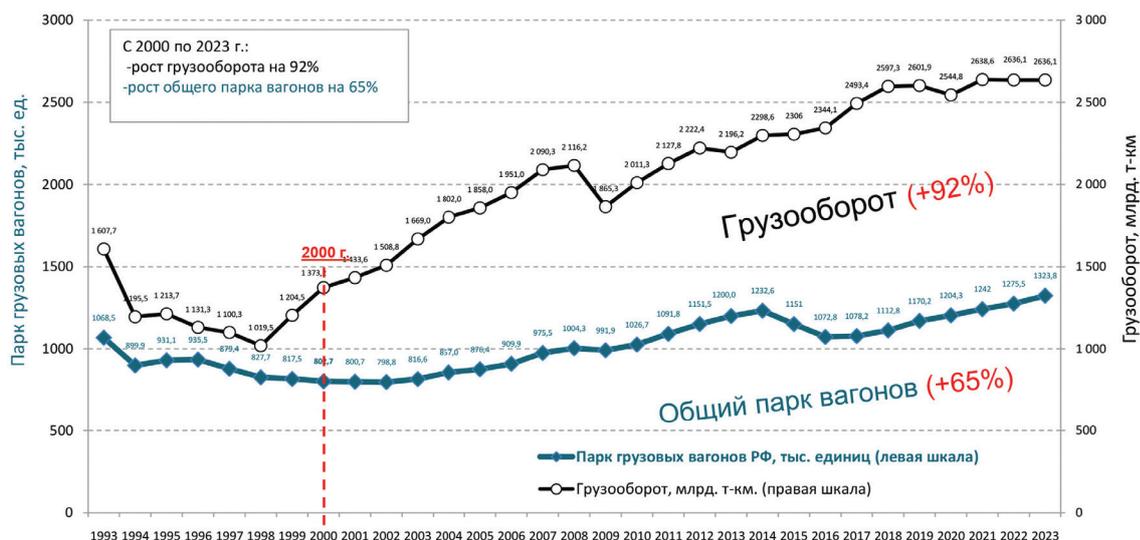


Рис. 2. Динамика общего парка грузовых вагонов и грузооборота железнодорожного транспорта России в 1993–2023 гг.

ные собственники «нерационально» накопили слишком много вагонов, не подтверждается статистикой. Судя по всему, это ошибочный взгляд.

Из данных, приведенных в таблице, следует, что наблюдаемая динамика парка является производной от роста грузооборота, а он, в свою очередь, — от роста средней дальности перевозки.

И как бы ни объединяли парки в единый пул, ни снижали встречные пробеги, ни усиливали централизацию управления вагонными парками, этот фундаментальный фактор — рост грузооборота и рост средней дальности перевозки — неустраним. Значит, все эти предложения могут изменить на небольшую величину влияние отдельных факторов, но ничего не сделают с самым главным фактором: рост парка следует за грузооборотом и средней дальностью. Никакие другие рецепты, кроме развития инфраструктуры (включая увеличение ее пропускных и провозных способностей), не переломят ситуацию.

Теперь обратимся к рис. 2. Эти данные приводились автором и ранее [15], но здесь они актуализированы (продлены по 2023 г. включительно).

Этот график отвечает на один важный вопрос. Раз уж мы не могли положительно повлиять на оборот вагона (т. е. снизить его), так как он сильно связан со средней дальностью (а она зависит от географии грузопотоков), то только рост парка, который происходил все эти годы, позволил освоить возросший грузооборот.

Если бы парк не рос с той скоростью, которую мы видели, вагонов бы хронически не хватало, поскольку из-за воз-

росшей дальности освоить растущий грузооборот малыми силами, т. е. небольшим количеством вагонов, было бы затруднительно.

Таким образом, можно сказать, те, кто все эти годы покупал вагоны, на самом деле просто спасли российских грузоотправителей от дефицита, а российскую промышленность — от коллапса.

Посмотрим еще раз на предлагаемую таблицу. Если долго в нее вглядываться, из небытия начинают проступать сначала новые вопросы, а затем и новые, хотя и немного непривычные, ответы.

Источники

1. Хусаинов Ф.И. К дискуссии о профиците вагонного парка // Концептуальные проблемы экономики и управления на транспорте: взгляд в будущее: Тр. междунар. науч.-практич. конф., Москва, 19 окт. 2023 г. / Ин-т экономики и финансов, Российский университет транспорта (МИИТ). М.: Дашков и К°, 2023. С. 326–329.
2. Хусаинов Ф.И. Рынок железнодорожных грузовых перевозок в 2022 г. // Экономика железных дорог. 2023. № 3. С. 46–72.
3. Хусаинов Ф.И. Перевозки грузов железнодорожным транспортом в 2022 году: экономико-статистический обзор // Вестн. транспорта. 2023. № 4. С. 2–13.
4. Годовой отчет ОАО «РЖД» за 2022 г. URL: <https://company.rzd.ru/api/media/resources/1963223?action=download> (дата обращения 23.04.2024).
5. Годовой отчет ОАО «РЖД» за 2021 г. URL: <https://company.rzd.ru/api/media/resources/1843232?action=download> (дата обращения 23.04.2024).
6. Годовой отчет ОАО «РЖД» за 2020 г. URL: [<resources/1734835?action=download> \(дата обращения 23.04.2024\).](https://company.rzd.ru/api/media/

</div>
<div data-bbox=)

7. Годовой отчет ОАО «РЖД» за 2019 г. URL: <https://company.rzd.ru/api/media/resources/1651179?action=download> (дата обращения 23.04.2024).
8. Годовой отчет ОАО «РЖД» за 2018 г. URL: <https://company.rzd.ru/api/media/resources/1589908?action=download> (дата обращения 23.04.2024).
9. Годовой отчет ОАО «РЖД» за 2015 г. URL: <https://company.rzd.ru/api/media/resources/1589911?action=download> (дата обращения 23.04.2024).
10. Годовой отчет ОАО «РЖД» за 2010 г. URL: <https://company.rzd.ru/api/media/resources/1589916?action=download> (дата обращения 23.04.2024).
11. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте / под ред. П. С. Грунтова. М.: Транспорт, 1994. 543 с.
12. Мачерет Д.А. Рост дальности грузовых перевозок — фундаментальная тенденция экономического развития // Экономика железных дорог. 2015. № 8. С. 14–23.
13. Мачерет Д. А., Валева Н. А. Экономическая оценка транспортной деятельности: учеб. пособие. М.: АО «ВНИИЖТ», 2023. 62 с.
14. Беспалов Н. Г., Елисева И. И. Железные дороги России в XX веке в зеркале статистики. СПб.: Нестор-История, 2008. 226 с.
15. Хусаинов Ф.И. РЖД: все дальше, и дальше, и дальше... // Vgudok.com. 07.08.2023. URL: <https://vgudok.com/lenta/rzhd-vsyo-dalshe-i-dalshe-i-dalshe-srednyaya-dalnost-perevozki-vliyaet-na-vagonnyy-park> (дата обращения 23.04.2024).

Некоторые аспекты взаимодействия видов транспорта и оптимизации маршрутов (на примере Сибири)



В. М. Бунеев,
д-р экон. наук, профессор
кафедры «Управление
транспортным
процессом» Сибирского
государственного
университета водного
транспорта (СГУВТ),



Г. Ж. Игликова,
аспирант СГУВТ,



В. Н. Попов,
аспирант СГУВТ

Решение макроэкономических задач предполагает выбор рациональных транспортно-логистических схем перевозок грузов. При этом необходима четкая согласованность работы всех используемых видов транспорта на конкретных маршрутах.

В нашей стране успешно функционирует и развивается рынок транспортных услуг с присущей ему конкуренцией, направленной на качественное удовлетворение потребностей клиентуры. Следует выделить два ее типа: между видами транспорта и между предприятиями в составе вида транспорта. При этом межвидовая конкуренция на определенных маршрутах часто может рассматриваться лишь с теоретических позиций из-за технических и технологических особенностей, различия в размещении транспортной инфраструктуры, разной стоимости и времени перевозки и т. д., поэтому для конкретных условий заранее определяется сфера использования различных видов транспорта [1–3]. Это в значительной степени ограничивает возможности их конкуренции и создает предпосылки для взаимодействия.

Кроме того, современные тенденции развития экономики России направлены на интеграцию транспортных процессов в производстве. Это вызывает необходимость оптимизировать цепочки «сырье — производство — склад — реализация» для выполнения требований клиентуры к обеспечению доставки товаров по логистическим принципам «от двери до двери» и «точно в срок».

Виды транспорта взаимодействуют в транспортных узлах и пунктах пересечения сухопутных и водных путей сообщения, где производится перевалка грузов. При исследовании проблем взаимодействия различных видов транспорта рассматриваются две их категории. Первая — согласование технологических операций работы видов транспорта при организации перевозок.

Вторая — координация видов транспорта в транспортно-логистических системах (ТЛС). При этом, несмотря на различие в подходах к решению проблем в обеих категориях, расходы в структуре транспортных издержек составляют здесь значительную часть. Причем перевалка грузов через склад существенно увеличивает издержки по сравнению с прямым вариантом.

Доля простоев подвижного состава в транспортных узлах составляет сегодня в России до 70% от общего времени его нахождения в пути. Сокращения ее и, соответственно, сроков доставки грузов клиентам можно достичь за счет согласования технологических операций и координации видов транспорта.

Степень изученности проблемы

Понятие «узел» сложилось в 1960–1970-х гг. и обозначает пункт, в котором пересекаются пути сообщения. Здесь груз перегружается с одного вида транспорта на другой. Со временем это понятие преобразовалось в понятие «терминал» с комплексом инженерно-технических сооружений и складским хозяйством.

Основой для организации транспортного процесса при перевозке грузов в смешанном сообщении является единый технологический процесс (ЕТП). Развитие теории и практики организации транспортного процесса в 1970–1980-х гг. привело к совершенствованию организационной структуры, форм и методов управления.

В полной мере они были реализованы в Ленинградском морском порту с участием морского, железнодорожного, автомобильного и речного транспорта. Были последовательно разработаны

и реализованы различные методы: непрерывный график работы флота, непрерывный план-график работы порта и непрерывный план-график работы транспортного узла. В дальнейшем ленинградский опыт взаимодействия видов транспорта и согласования их работы был распространен в 38 транспортных узлах, в том числе созданных на базе речных портов: в Ростове-на-Дону, Нижнем Новгороде, Саратове и др.

В Сибири лидером по внедрению новых форм и методов взаимодействия и координации различных видов транспорта стал Томский речной порт, на базе которого создан Томский промышленно-транспортный комплекс (ПТК). В него были включены речной, железнодорожный, автомобильный и авиационный виды транспорта, но только в той части, в которой они взаимодействовали в едином транспортном конвейере, обеспечивали перевозки в смешанном сообщении. Кроме транспортных в комплекс вошли предприятия и организации различных отраслей экономики Томской области. Все они находились в максимально тесной связи с речным транспортом. В результате было организовано объединение предприятий и организаций транспорта и связи, материально-технического снабжения, торговли, энергетики и ряда других важнейших базовых отраслей.

Деятельность Томского ПТК в условиях административно-командной системы показала, что несмотря на отдельные недостатки такая форма организации управления взаимосвязанной деятельностью позволяла эффективно координировать деятельность большого числа смежников. В дальнейшем этот опыт распространили и на весь Западно-Сибирский экономический район.

Были сформированы Тюменский, Тобольский, Сургутский, Салехардский и Ямало-Ненецкий транспортные комплексы как формы организации отраслевого и территориального управления инфраструктурой. Деятельность транспортных узлов, созданных на базе речных портов, была организована на основе ЕТП. Кроме того, это способствовало развитию и совершенствованию экспедиторской деятельности в портах [4].

На современном этапе развития экономики изменились приоритеты и мотивация в работе промышленных и транспортных предприятий. При переходе к рынку на первый план вышло стремление к получению максимальной прибыли, и здесь далеко не всегда дей-

ствуют этические нормы. В управлении производством приоритет отдается экономическим методам. В связи с этим принципы построения организационных структур управления изменяются.

В то же время в технической, технологической и организационной сферах методы взаимодействия видов транспорта остаются востребованы. По-прежнему предусмотрены следующие формы взаимодействия:

- унификация стандартизации параметров технических средств;
- согласование пропускной способности;
- разработка ЕТП на базе интеграции технологических процессов взаимосвязанных графиков работы и расписаний;
- разработка согласованных контактных графиков работы участвующих видов транспорта, грузоотправителей и грузополучателей;
- общая информационная система и др. [1, 5].

Следовательно, основные идеи взаимодействия и интеграции, заложенные в формирование транспортных комплексов, остаются актуальными при создании организационных структур взаимодействия транспорта и производства на рынке товаров и услуг. Таковыми являются прежде всего транспортно-логистические системы организации мультимодальных и интермодальных перевозок. Они достаточно широко освещены в зарубежных и отечественных источниках. Из иностранных работ внимание прежде всего привлекает [6], в которой исследованы проблемы моделирования грузовых и пассажирских перевозок, излагаются общие подходы и региональные различия. Особое внимание уделено организации трансконтинентальных перевозок, планированию и оптимизации транспортных процессов. Исследована специфика организации интермодальных и мультимодальных перевозок. Рассмотрены новые подходы к прогнозированию потребностей в перевозках.

Проблемам формирования терминологии в задачах взаимодействия транспортных средств посвящена работа [2]. Отмечаются отсутствие единого инструментария оптимизации транспортных процессов.

Анализу проблем координации взаимодействия видов транспорта на различных территориальных уровнях в масштабе страны, регионов и городов посвящена работа [3]. Отмечается, что в масштабе единой транспортной системы основная

масса грузовых и пассажирских перевозок осуществляется с участием двух и более видов транспорта. Так, 80% грузов, перевозимых железнодорожным транспортом, зарождается и погашается на промышленном транспорте. Около 90% грузов, прибывающих в морские порты, передаются на железнодорожный транспорт. При оценке существующих условий взаимодействия различных видов транспорта авторы утверждают, что их нельзя признать оптимальными.

Работа [7] — фундаментальное издательство, в котором рассмотрен широкий комплекс задач организации, правового обеспечения и ценообразования в международных мультимодальных и интермодальных сообщениях. Отмечается полнота изложения основных этапов научно-технического прогресса на транспорте с выделением организационных форм обеспечения перевозок грузов. Рассмотрены прогрессивные технологии интермодальных перевозок на основе логистических принципов.

Работа [8] содержит методический инструментарий по проектированию, формированию и развитию региональных транспортно-логистических систем (РТЛС) на основе системного и программно-целевого подходов. Изложен метод синтеза организационно-функциональной структуры и особенности территориальной организации РТЛС, разработан механизм управления их функционированием и развитием, приведены принципы внутрикорпоративного взаимодействия участников и партнеров, рассмотрены методы управления проектами и оценки эффективности инвестиционных проектов и региональных целевых программ создания транспортно-логистических систем.

Концепция и алгоритм обоснования схем доставки экспортно-импортных сухогрузов с участием речного транспорта изложены в работе [9]. Решение этих задач авторами видится в том числе в развитии перевозок в контейнерах по внутренним водным путям. Разработки содержат комплексные государственные мероприятия по повышению роли этого транспорта во взаимодействии с железнодорожным, автомобильным и морским видами транспорта. Описаны факторы, негативно влияющие на функционирование речного транспорта. Предложены актуальные транспортно-логистические схемы перевозок сухогрузов через Северный морской путь или с помощью железнодорожного транспорта (альтер-

натива — через Гибралтар и Суэцкий канал), МТК «Север-Юг», по маршрутам «Западная Европа — Россия». Приводится перечень мероприятий по развитию дальнейших исследований в этих направлениях.

По результатам анализа содержания указанных источников установлено, что степень изученности исследуемой проблемы достаточно высока. Как уже отмечалось, взаимодействие видов транспорта рассматривается в двух направлениях: согласование технологических операций работы видов транспорта при организации перевозок и координация видов транспорта в транспортно-логистических системах.

Как недостаток отмечается отсутствие единого методического инструментария оптимизации транспортных процессов из-за специфики и особенностей различных видов транспорта. Содержание транспортных издержек как критерия оценки эффективности также различается по составу и методам расчета.

Методы оптимизации транспортных процессов и систем

Методический инструментарий оптимизации транспортных процессов и систем в составе проблемы взаимодействия видов транспорта и их координации базируется на соответствующих теоретических предпосылках и методологических принципах. Таковыми являются современные положения теории транспортных процессов и систем, методы математического программирования, принципы научной обоснованности, комплексности и системности исследования проблемы.

Процедура поиска оптимальных решений комплекса задач из двух блоков представлена в виде логичного поэтапного исследования научной проблемы. Первый блок — координация видов транспорта в транспортно-логистических системах. Последовательность решения задач:

1) анализ характеристик грузопотоков, свойств грузов и логистической инфраструктуры в пунктах отправления, перевалки и назначения;

2) оценка уровня развития транспортной инфраструктуры, выбор видов транспорта и формирование маршрутов следования грузопотоков;

3) обоснование оптимальных маршрутов следования грузопотоков и схем доставки грузов.

Использование моделей и методов математического программирования

в качестве инструментария обеспечивает оптимальные решения. Обосновывать ТЛС и способы перевозки грузов рекомендуется с помощью методов динамического программирования. В качестве критерия оценки эффективности рекомендуется рассматривать уровень тарифов по всем видам транспорта и обслуживания в портах.

Поиск оптимального решения разделяется на ряд последовательных этапов, при этом алгоритм поиска становится многошаговым и последовательным от этапа к этапу, решение каждый раз оптимизируется только на одном шаге, но с учетом последствий для следующих. Многошаговый процесс принятия решений методами динамического программирования представлен в работе [9] при обосновании транспортно-логистических схем доставки экспортно-импортных сухогрузов с участием речного транспорта России.

С позиций развития методического инструментария заслуживает внимания работа [10], где рассматривается использование SWOT-анализа для оценки перспективных схем доставки нефтехимической продукции предприятий Сибирского и Уральского федеральных округов на экспорт. В качестве факторов влияния рассмотрены сферы применения различных видов транспорта, климатические, географические, экономические и другие факторы.

Второй блок задач взаимодействия и согласования работы видов транспорта в транспортных узлах решаются в рамках ЕТП работы смежных видов транспорта. Чтобы это взаимодействие происходило в оптимальном режиме с минимальными затратами времени, необходима согласованность работы всех участников транспортного процесса. Прежде всего требуется согласовать прибытие в перевалочный пункт подвижного состава (судов, вагонов, автомобилей) таким образом, чтобы не было простоев в ожидании технического и грузового обслуживания. Для этого формируется план-график обработки подвижного состава по видам транспорта. При разработке ЕТП работы порта и железнодорожной станции согласованию подлежат интервал подхода судов и вагонов, пропускная способность причалов, железнодорожных путей и складов. Пропускная способность транспортного узла определяется по минимальному показателю его составляющих.

Процедура разработки ЕТП заверша-

ется составлением технологических карт грузовой обработки судов и железнодорожных составов на основе совмещенных графиков их обработки и обслуживания в транспортном узле и графиков (расписаний) движения поездов и судов. Методы решения и разработки второго блока задач широко изложены в учебно-методических источниках [1–3].

Варианты конкретных маршрутов

В составе проблемы взаимодействия и координации видов транспорта рассмотрены две задачи. Первая — обоснование ТЛС доставки нефтепродуктов в пункты арктических рек Якутии: Анабара, Яны, Индигирки. Вторая — обоснования ТЛС экспорта кузбасского угля в Индию через морской порт Мумбаи.

Актуальность первой проблемы обусловлена поиском оптимальных решений задач организации северного завоза с учетом влияния природно-климатических и географических факторов. Действующая схема через Осетровский порт нерациональна и имеет существенные недостатки, в том числе:

- ограничение глубин судового хода (до 1,5 м на участке Осетрово — Витим);
- наличие мелководных баров в устье рек Яны, Индигирки;
- несовпадение срока и продолжительности навигации (речная — 140–160 сут., арктическая — 60–80 сут.) и др.

В качестве альтернативы рассматривается схема северного завоза нефтепродуктов через Якутский транспортно-логистический узел (ТЛУ) на базе пристани Нижний Бестях. Стратегия его развития по базовому варианту определена до 2032 г.

По действующей системе нефтепродукты поступают на Усть-Кутскую нефтебазу из Ачинского НПЗ по железной дороге через станцию Лена. Здесь они сливаются из цистерн в резервуары. Далее после погрузки на речные суда груз транспортируется в нефтебазы, находящиеся в пунктах в среднем течении Лены. Здесь они находятся до начала арктической навигации.

С ее открытием нефтепродукты загружаются в танкеры смешанного (река — море) плавания (типа «Лена-нефть») и перевозятся в пункты арктических рек. В альтернативном варианте нефтепродукты Комсомольского НПЗ транспортируются по железной дороге до станции Нижний Бестях на нефтебазу. Далее завозятся аналогично существующей схеме (рис. 1).

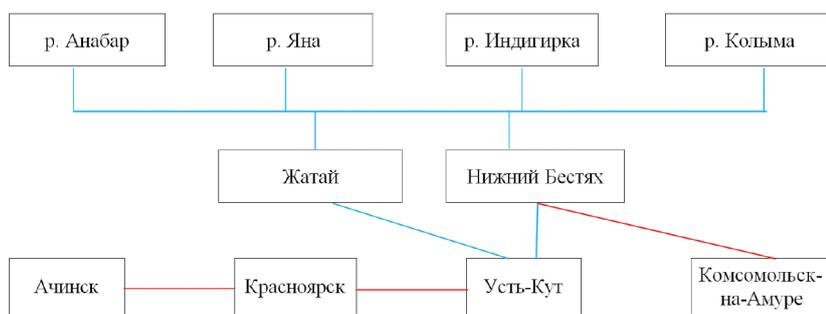


Рис. 1. Схемы существующего и предлагаемого маршрутов перевозок нефтепродуктов потребителям

По результатам анализа транспортных издержек по вариантам схем доставки нефтепродуктов в пункты арктических рек Якутии предпочтение отдано альтернативному варианту. Его можно реализовать поэтапно в зависимости от пропускной способности нефтебазы в Нижнем Бестяхе. На первом этапе — 130 тыс. т нефтепродуктов, на втором, к концу 2032 г. в соответствии с потребностями северного завоза, — 350 тыс. т в год.

Железнодорожный и водный транспорт в Якутском ТЛУ взаимодействует по упрощенной схеме, полностью через склад. Интервал движения подвижного состава зависит от наличия нефтепродуктов в резервуарах. Таким образом, роль Осетровского речного порта как транспортного узла в северного завозе снижается, а Якутского повышается.

Вторая задача — обосновать оптимальную ТЛС доставки кузбасского угля в Индию. В качестве пункта назначения принят морской порт Мумбаи. Это обусловлено ростом потребности страны в энергоресурсах и высоким уровнем развития порта. Способ перевозки —

в 20-футовых контейнерах. Рассмотрены следующие схемы экспорта угля (рис. 2):

1. ст. Белово — ст. Находка Восточная — порт Восточный — морской транспорт — порт Мумбаи;
2. ст. Белово — ст. Хабаровск — суда «река — море» — ст. Находка Восточная — порт Восточный — морской транспорт — порт Мумбаи;
3. ст. Белово — ст. Красноярск — речной транспорт — порт Дудинка — Севморпуть — порт Мумбаи;
4. ст. Белово — ст. Лесосибирск — речной транспорт — порт Дудинка — Севморпуть — порт Мумбаи.

С позиций минимизации транспортных издержек предсказуемо выделяется первая схема, затем вторая, далее четвертая и третья. На втором этапе они уточняются с учетом взаимодействия и согласования работы видов транспорта при перевалке контейнеров. При этом важное значение имеет определение пропускной способности перегрузочных машин на фронте работ и в тылу, подъездных железнодорожных путей и складов, а также количество причалов.

В первой схеме резервы пропускной способности исчерпаны, и правительство наложило ограничение на перевозку грузов восточного полигона. Вторая схема предполагает участие речного транспорта от Хабаровска до порта Восточного или Находка. Объем экспорта здесь ограничен пропускной способностью Хабаровского речного порта. Учитывая, что основная деятельность его направлена на перевозку нерудных строительных материалов, возможность перевалки каменного угля в контейнерах определена в объеме около 500 тыс. т в год. Перевалка с речных судов на морские происходит в морском порту при согласовании сроков их подхода.

В третьей и четвертой схемах предусмотрено участие железнодорожного, речного по Енисею и морского транспорта по трассе Северного морского пути. Первая перевалка с железнодорожного на речной транспорт происходит соответственно в Красноярском и Лесосибирском портах. Учитывая ограниченность пропускной способности в обоих транспортных узлах и перевалку контейнеров в одном (морском) порту Дудинка, рекомендовано объединить эти схемы в одну — енисейскую.

В Красноярском речном порту имеются два контейнерных причала, оборудованных кранами Кондор г/п 16/32/40 т. Кроме того, на других причалах также могут выполняться работы по перегрузке контейнеров при наличии крана. С учетом резервов пропускной способности объем перевалки угля на экспорт определен в размере 2 млн т в год.

В Лесосибирском порту причал № 3 (портальный кран Ганц 16/27) прини-

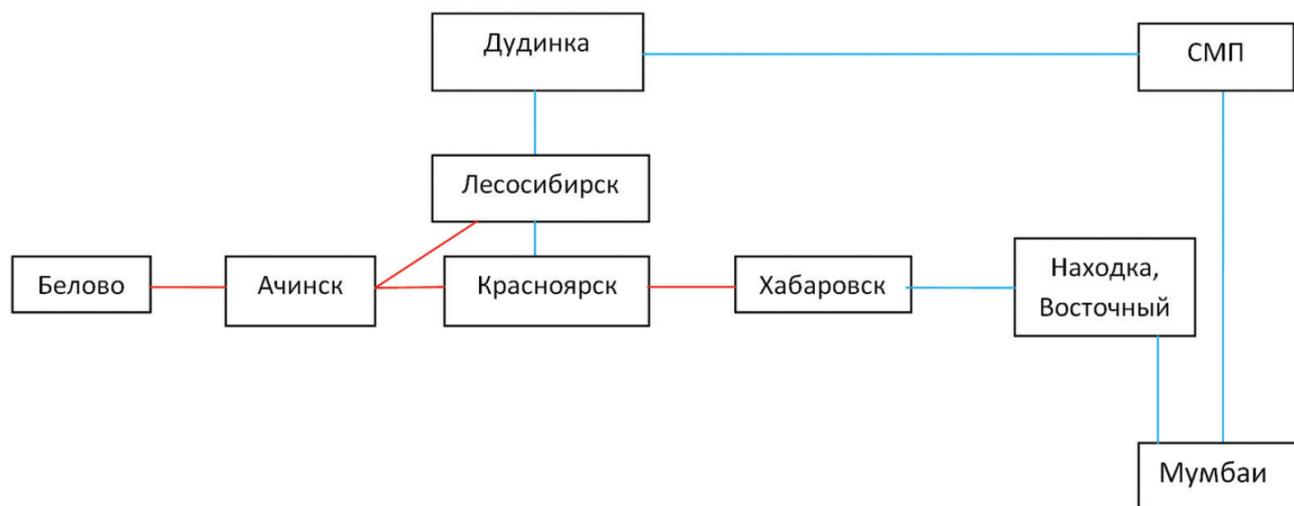


Рис. 2. Схемы экспорта кузбасского угля в индийский морской порт Мумбаи

мает подачу из 8 вагонов, пропускная способность 1800 т/сут. Причал № 6 (портальный кран Сокол 16/25/32) принимает подачу из 4 вагонов, пропускная способность 800 т/сут. Пропускная способность порта составляет 1,2 млн т в год и используется практически полностью. В качестве резерва могут быть задействованы и другие причалы.

В морском порту Дудинка перегружать контейнеры с речных на морские суда можно на рейде либо через морской причал № 2 с глубиной 11,2 м. Пропускная способность здесь достаточная для перевалки каменного угля в контейнерах с речных судов (баржа-площадка проекта Р-56) на морские контейнеровозы ледового класса.

Таким образом, по северному заводу рекомендована к реализации транспортно-логистическая схема доставки нефтепродуктов через Якутский узел со взаимодействием железнодорожного и водного транспорта. При этом надежность и эффективность ТЛС повышается.

Для доставки кузбасского угля в Индию предпочтение отдано енисейской схеме с участием железнодорожного и речного видов транспорта с выходом на Севморпуть. Отмечается особенность взаимодействия и координации речного и морского

транспорта в порту Дудинка. Перевалка 60% от общего количества контейнеров происходит по прямому варианту «борт — борт» на рейде. Остальные 40% грузов перегружаются через причал и склад. Общий объем поставки угля по енисейской схеме составляет 1,5 млн т в год. ■

Источники

5. Смородинова Е. Е., Якушев Н. В. Взаимодействие видов транспорта: курс лекций. Екатеринбург: УРГУПС, 2017. 246 с.
6. Гарбузова А. И. Проблемы взаимодействия различных видов транспорта при организации перевозок // Экономика и бизнес: теория и практика. 2020. № 5–2. С. 21–24. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-vzaimodeystviya-razlichnyh-vidov-transporta-pri-organizatsii-perevozok> (дата обращения 13.01.2024).
7. Костров В. Н., Коршунов Д. А. Взаимодействие видов транспорта и мультимодальные перевозки: учеб.-метод. пособие. Н. Новгород: Изд-во ВГУВТ, 2015. 63 с.
8. Бунеев В. М., Жендарева Е. С., Липатов И. В. Проблемы и перспективы развития речных портов Сибири // Речной транспорт (XXI). 2018. № 4. С. 57–59.
9. Шепелев В. Д., Зверев Л. А., Альметова З. В., Гераскина О. В. Оптимизация взаимодействия автомобильного и железнодорожного транспорта в контейнерных терминалах // Вестн. ЮУрГУ. Сер.: Экономика и менеджмент. 2018. № 2. С. 185–192.
10. S'adkowski A. Modelling of the Interaction of the Different Vehicles and Various Transport Modes. Springer. 2020. 524 p.
11. Милославская С. В., Плужников К. И. Мультимодальные и интермодальные перевозки: учеб. пособие для вузов. М.: РосКонсульт, 2001. 364 с.
12. Проектирование и организация региональных транспортно-логистических систем: учеб.-метод. комплекс. М.: Изд-во РАГС, 2009. 334 с.
13. Телегин А. И., Милославская С. В., Коршунов Д. А., Наседкина Е. С. Концепция и алгоритм обоснования транспортно-логистических схем доставки экспортно-импортных сухогрузов с участием речного транспорта России // Научные проблемы водного транспорта. 2021. № 68. С. 163–171. URL: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi68.190> (дата обращения 22.05.2022).
14. Трофимцева О. В., Бунеев В. М. Анализ перспективных схем доставки нефтехимической продукции СФО и УФО на экспорт // Транспорт РФ. 2023. № 3–4.



Научно-техническое сопровождение создания уникальных транспортных объектов (на примере Большой кольцевой линии Московского метрополитена)



Д. С. Конохов,
д-р техн. наук,
руководитель отдела
научно-технического
сопровождения
строительства
АО «Мосинжпроект»,



В. В. Вязовой,
директор
программы проектов
АО «Мосинжпроект»,



Р. А. Евтушенко,
директор проекта
АО «Мосинжпроект»,



Д. С. Петунина,
главный специалист
АО «Мосинжпроект»

В Своде правил 120.13330.2022 «Метрополитены» впервые в системе нормативно-технической документации РФ включен раздел 5.18.7 «Научно-техническое сопровождение строительства», направленный на обеспечение соблюдения требований федеральных законов «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», «О техническом регулировании» и «Градостроительный кодекс Российской Федерации».

В основе раздела о научно-техническом сопровождении строительства нового свода правил «Метрополитены» лежит опыт, накопленный в АО «Мосинжпроект» при создании крупных транспортных объектов класса КС-3, к которым, безусловно, можно отнести Большую кольцевую линию (БКЛ) Московского метро. Этот объект, введенный в эксплуатацию на всем его протяжении в марте 2023 г. — самый масштабный проект российского метроостроения и один из крупнейших в мире. В его состав вошли 28 новых станций и 3 полностью реконструированных, 47 пересадок (в том числе перспективные), из них 19 — на радиальные линии существующего метрополитена.

В ходе строительства БКЛ накоплен уникальный опыт научно-технического сопровождения (НТС) строительных и проходческих работ в условиях действующего метрополитена.

Особой задачей строительства было обеспечение безопасности пассажирских перевозок на работающих линиях. Для каждого случая пересечения или примыкания к ним были разработаны специальные мероприятия с учетом прогнозируемого влияния, способов и инженерно-геологических условий строительства, а также технического состояния сооружений.

В числе самых сложных объектов были:

- пересадочный узел на ст. «Сокольники» Сокольнической линии —



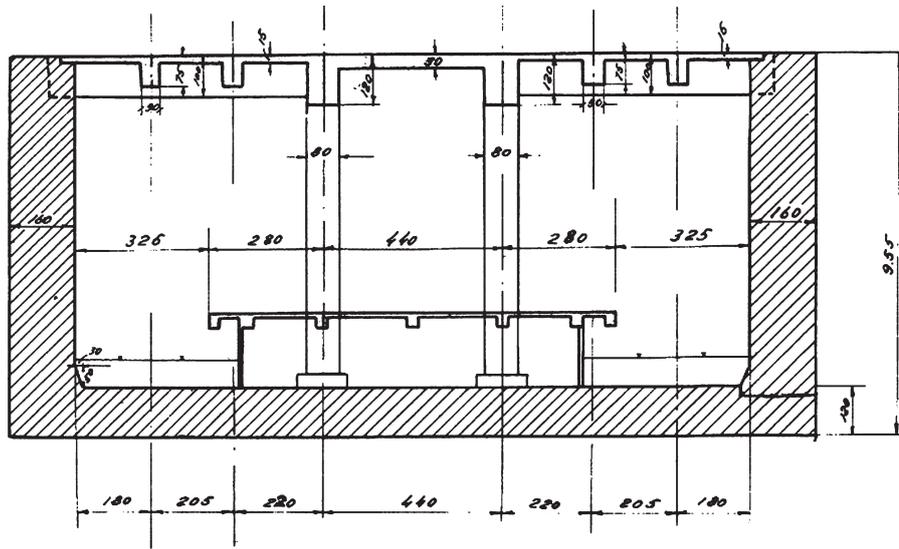


Рис. 1. Конструкция ст. «Сокольники» первой линии Московского метрополитена (чертеж 1933 г.)

первой линии Московского метрополитена. Эта станция — памятник архитектуры. На время строительства перегонных тоннелей организована система геотехнического мониторинга. Для сооружений примыкания строящейся станции к действующей закреплены грунты вплотную к стенам действующей станции;

- пересадочный узел на ст. «Печатники» Люблинско-Дмитровской линии — полуподземной станции, совмещенной с коллектором р. Нищенки и построенной в пойме р. Москвы в очень сложных геологических условиях. Под действующей станцией был проложен двухпутный тоннель, движение на эксплуатируемом участке закрыли и одновременно с проходкой вели подготовку строительства пересадочного узла (ремонт верхнего строения пути и демонтаж плит покрытия станции);

- ст. «Марьяна Роща», строящаяся с применением буровзрывного способа работ непосредственно под одноименной станцией Люблинско-Дмитровской линии — одной из самых глубоких станций Московского метро. Для ускорения работ указанным способом выполнены расчеты и проведены необходимые мероприятия для

обеспечения безопасности и комфортности движения пассажиров.

Учитывая сложность эксплуатационно-технических и инженерно-геологических условий Москвы и плотную городскую застройку (не только наземных объектов, но и уже существующей сети метрополитена), накопленный опыт НТС на указанных участках БКЛ представляет интерес для освоения подземного пространства крупных мегаполисов.

Перегонные тоннели под ст. «Сокольники»

Ст. «Сокольники» Сокольнической линии является одной из первых в Московском метро. Именно с нее 15 мая 1935 г. отправился первый поезд с пассажирами. Конструкция станции (рис. 1) трехпролетная, колонная, мелкого заложения. Она стала своего рода шаблоном для сооружения станций открытого способа работ.

Вмещающими грунтами служат насыпные грунты, представленные тугопластичными суглинками и песками с прослойками супеси и глины, со строительным мусором. Песок мелкий, пылеватый, водонасыщенный, с напорными водами в основании станционного сооружения.

Трасса БКЛ располагается под углом около 74° под сооружениями ст. «Соколь-

ники» в глинах, известняках и мергелях. Обделка тоннелей БКЛ на участке пересечения — высокоточная сборная железобетонная, диаметром 6 м. Проходка перегонных тоннелей осуществлялась тоннелепроходческими механизированными комплексами (ТПМК) Herrenknecht.

В ходе обследовательских работ было выявлено, что на ст. «Сокольники» на участке, попадающем в зону влияния строительства перегонных тоннелей БКЛ, имеется деформационный шов, из которого организован водоотвод.

Численное моделирование возможного влияния строительства на ст. «Сокольники» выполнено с учетом технического состояния станции и ее вестибюля, а также конструкции и состояния деформационного шва. При расчете учитывалась возможность взаимонезависимых смещений конструкций станции в зоне расположения шва. Результаты модельных исследований приведены в табл. 1.

Поскольку полученные модельными исследованиями величины осадок могли привести к возникновению перемещений в зоне осадочного шва, повреждению гидроизоляции станции, изменению продольного профиля путей и уклонов, что повлекло бы за собой нарушение эксплуатационной надежности ст. «Сокольники», она была закрыта для движения поездов на время строительства перегонных тоннелей с организацией НТС, включая следующие работы [1]:

- разработку технологического регламента на проходку перегонных тоннелей [2], в котором были описаны контролируемые параметры проходки, дана диаграмма давления пригруза забоя по всей трассе перегонных тоннелей, в том числе под действующей ст. «Сокольники». Рекомендованное давление пригруза в шельге свода составило 1,6 бара, в лотке — 2,3 бара;
- автоматизированный мониторинг планово-высотного положения конструкций ст. «Сокольники» с периодичностью 1 раз в 4 часа [3];

Таблица 1. Результаты расчета модельных исследований

Тоннельное сооружение	Расчетные смещения, мм		
	Горизонтальные	Вертикальные	Разность осадок*
В результате проходки левого перегонного тоннеля			
Станция «Сокольники» Сокольнической линии	1/2	12/11	1
Вестибюль станции «Сокольники» (с устройством буресекущихся свай)	2	2	1
В результате проходки левого и правого перегонных тоннелей			
Станция «Сокольники» Сокольнической линии	2/4	17/16	1

*Разница между вертикальными деформациями в зоне I и II станционных путей (для платформенной части станции).

- контроль высотного положения головки рельсов и разности перемещений рельсовых нитей с периодичностью 2 раза в сутки;

- контроль плано-высотного положения внутренних конструкций вестибюля ст. «Сокольники» с периодичностью 2 раза в сутки;

- визуальный контроль технического состояния сооружений метрополитена;

- геодезические наблюдения за деформациями дневной поверхности по оси проходки перегонных тоннелей;

- контроль и интерактивное управление технологическими параметрами проходки (давление пригруза, объем разработанного грунта, давление нагнетания и объем тампонажного раствора) по результатам геотехнического мониторинга [4].

Планируемый темп проходки перегонных тоннелей составлял 7 колец в сутки. Перед входом ТПМК в зону влияния на ст. «Сокольники» была выполнена технологическая остановка для технического обслуживания и проверки работоспособности систем комплекса, чтобы не допустить его остановки под действующей станцией.

Итоговые деформации ст. «Сокольники» по результатам проходки двух перегонных тоннелей и их сопоставление с результатами расчетов приведены в табл. 2.

По итогам работ можно сделать вывод, что проходка перегонных тоннелей БКЛ не повлияла на конструкции действующей ст. «Сокольники». В результате реализации мероприятий по НТС и контролю параметров проходки перегонных тоннелей достигнуты следующие результаты:

- максимальные стабилизированные осадки конструкций ст. «Сокольники» составили 3,6 мм;

- обеспечена безопасная, практически безопасная проходка тоннелей БКЛ на глубине около 6 м под действующей станцией — объектом культурного наследия;

- не потребовались установка страховочных пакетов и их последующий демонтаж, гидроизоляция деформационного шва, которые могли бы повлечь за собой изменения облика исторического памятника и увеличение стоимости строительства объекта.

Станция «Печатники»

Ст. «Печатники» Люблинско-Дмитровской линии была построена открытым способом из монолитного железобетона и сборных железобетонных конструкций в 1995 г. Максималь-

Таблица 2. Деформации станции после проходки левого и правого перегонных тоннелей и стабилизации деформаций

Тоннельные сооружения	Расчетные		По результатам мониторинга	
	план	высота	план	высота
Ст. «Сокольники» Сокольнической линии	2/4	17/16	1	3,6
Вестибюль ст. «Сокольники» той же линии	2	2	-2,3	-4,3

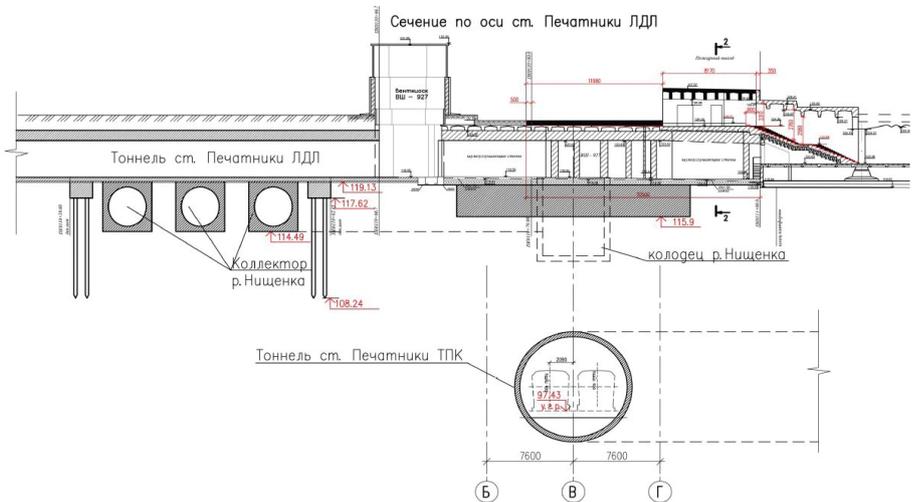


Рис. 2. Взаимное расположение существующей застройки и объектов строительства (разрез)

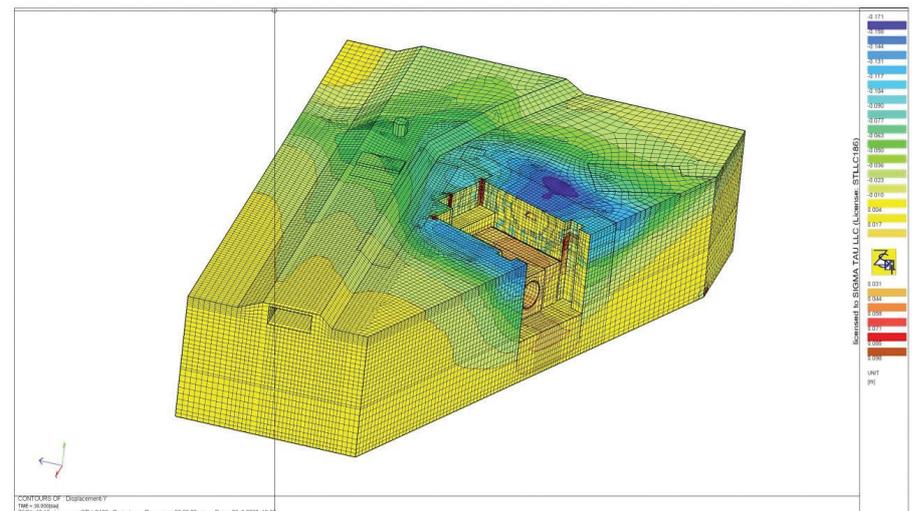


Рис. 3. Изополю вертикальных перемещений при проходке двухпутного перегонного тоннеля

ная глубина заложения от поверхности до покрытия станции составляет 1,5 м. При обследовании тоннеля были выявлены участки, на которых в процессе эксплуатации происходила просадка пути. Зафиксированная величина просадки составила от 15 до 31 мм.

Вмещающий грунтовый массив — техногенные отложения, суглинки и пески преимущественно средней крупности с крошкой и обломками кирпича, бетона, местами со щепой древесины, осколками стекла и кусками металла, слежавшиеся, малой и средней степени водонасыщения и водонасыщенные.

Под станцией проходит коллектор р. Нищенки, состоящий из трех сборных

железобетонных труб и шести камер (рис. 2). Фундаментами камер являются монолитные железобетонные плиты высотой 380 мм, глубина заложения от поверхности земли 7 м. Фундаменты под трубами коллектора — сборные железобетонные блоки с глубиной заложения 6,5–10,5 м от поверхности.

Строительство перегонного тоннеля от ст. «Печатники» до ст. «Нагатинский затон» велось ТПМК Herrenknecht с диаметром резания 10,69 м с активным грунтовым пригрузом забоя. Проходку перегонных тоннелей БКЛ под ст. «Печатники» вели на глубине 13,6 м в следующих инженерно-геологических условиях:

- сводовая часть — в юрских глинах твердой, прослоями полутвердой консистенции;

- средняя и нижняя части — в измайловских известняках средней прочности, с прослоями мергеля и глины, трещиноватых, прослоями разрушенных до щебня и муки, водоносных.

Гидрогеологические условия территории характеризуются наличием грунтовых вод надъярского и измайловского водоносных горизонтов.

Оценка влияния строительства двухпутного перегонного тоннеля на сооружения ст. «Печатники» Люблинско-Дмитровской линии и на коллектор р. Нищенки велась с учетом технического состояния станции, ее конструктивных особенностей, а также деформаций, полученных как в процессе эксплуатации, так и в результате работы по водопонижению при сооружении котлована ст. «Печатники» БКЛ [5].

Расчет проводили в программном комплексе «Z Soil» методом конечных элементов в объемной постановке (рис. 3). Результаты расчета приведены в табл. 3.

Минимальный расчетный коэффициент запаса прочности в конструкциях ст. «Печатники» после проходки двухпутного перегонного тоннеля составил 1,15.

На основании анализа имеющихся материалов были предложены следующие мероприятия по НТС и интерактивному управлению параметрами проходки [4]:

- верификация результатов численного моделирования [6];
- прогнозирование геотехнических рисков [7];
- фиксация параметров проходки (давление пригруза, объем разработанного грунта, давление нагнетания и объем тампонажного раствора);
- организация автоматизированного мониторинга плано-высотного положения конструкций ст. «Печатники» с периодичностью 1 раз в 3 часа;
- геодезические наблюдения за деформациями дневной поверхности;
- георадиолокационное обследование грунтового массива (рис. 4) с целью выявления протечек из коллектора р. Нищенки во время щитовой проходки [8];
- измерения по технологии радиоволновой геоинтроскопии межскважинного пространства (РВГИ) в зоне пересечения действующих и строящихся тоннельных сооружений [9];
- анализ результатов мониторингов и интерактивный контроль параметров проходки.

Таблица 3. Расчетные перемещения от проходки перегонного тоннеля

Объект	Максимальные перемещения конструкций станции, мм		
	Вертикальные	Вдоль станции	Поперек станции
Ст. «Печатники» Люблинско-Дмитровской линии	17,0	0	0
Железобетонные коллекторы р. Нищенки диаметром 3500 мм	39,0	–	–

В процессе проходки контролировали технологические параметры работы ТПМК и сопоставляли их с данными мониторингов. При необходимости в режиме реального времени корректировали давление пригруза ТПМК, что позволило обеспечить максимальную фактическую осадку ст. «Печатники» в размере 7,4 мм, а коллектора р. Нищенки — 4,2 мм (табл. 4).

Мероприятия по НТС и интерактивному управлению параметрами проходки позволили:

- вести контроль изменения физического состояния грунтового массива, технического состояния и деформаций защищаемых сооружений и принимать своевременные решения по корректировке технологических параметров работы ТПМК в режиме реального времени;
- обеспечить конструктивную надежность и дальнейшую безопасную эксплуатацию действующих сооружений ст. «Печатники» и коллектора р. Нищенки без применения дополнительных специальных методов строительства.

Станция «Марьина Роща»

Ст. «Марьина Роща» Люблинско-Дмитровской линии была открыта в 2010 г. По конструкции она пилонная, трехсводчатая, глубокого заложения (57 м), возведена закрытым способом по типовому проекту.

Обделка станции — сборная чугунная, круглого сечения. Наружный диаметр боковых станционных тоннелей 8,5 м, среднего станционного тоннеля — 9,5 м. Расстояние между осями тоннелей 9,75 м. Пилоны расположены в два ряда, расстояние между осями пилонов 10,5 м. Ширина пилонной платформы — 3,759 м, платформы — 19,1 м.

Северный вестибюль с эскалаторным тоннелем открыт в 2012 г. Конструкция тоннелей — железобетонная водонепроницаемая обделка из высокоточных блоков диаметром 10,6 м.

Конструкция ст. «Марьина Роща» БКЛ — пилонного типа с проемными участками шириной 3,755 м и пилонами 6,759 м. Средний тоннель построен в чугунной обделке диаметром 9,5 м.

Таблица 4. Сопоставление расчетных и фактических осадок ст. «Печатники» и коллектора реки Нищенки

Тоннельные сооружения	Осадки, мм	
	Расчетные	Фактические по результатам мониторинга
Ст. «Печатники» Люблинско-Дмитровской линии	17,0	7,4
Коллектор р. Нищенки	39,0	4,2



Рис. 4. Схема измерений по технологии радиоволновой геоинтроскопии межскважинного пространства (f = 625 кГц)

Боковые тоннели выполнены в чугунной обделке диаметром 8,5 м. Между боковым и средним тоннелями расположены 22 проема. Строительство велось закрытым способом через рабочие кабельные стволы.

В профиле станция расположена на глубине около 73 м от поверхности земли и находится ниже пересекаемых тоннелей за ст. «Марьяна Роща» Люблинско-Дмитровской линии приблизительно на 5 м.

Тоннельные конструкции ст. «Марьяна Роща» БКЛ размещаются в устойчивых отложениях верхнекаменноугольного возраста мещеринского, перхуровского, неверовского, ратмировского и воскресенского ярусов, представленных перемежающимися слоями глин известковых, твердых, с прослоями мергелей; мергелей трещиноватых средней прочности; известняков трещиноватых средней прочности, с прослоями прочных и малопрочных мергелей и глин.

Для сооружения ст. «Марьяна Роща» БКЛ перпендикулярно действующей ст. «Марьяна Роща» (рис. 5) были проложены пилот-тоннели с применением щитовых ТПМК Herrenknecht, оснащенных активным грунтовым пригрузом. Обделка тоннелей на участке пересечения — сборная из чугунных тубингов диаметром 6 м.

Параллельно со строительством пилот-тоннелей было начато сооружение среднего станционного тоннеля встречными забоями. Из подходящих

выработок устроены монтажные камеры укладчиков тоннельной обделки, выполнен монтаж станционного укладчика.

Проект предусматривал разработку породы станционного тоннеля буровзрывным способом вне зоны эксплуатируемого метрополитена, под действующим станционным комплексом — установкой типа Brokk.

При проходке станционных тоннелей под эксплуатируемыми сооружениями за ст. «Марьяна Роща» Люблинско-Дмитровской линии для предотвращения осадок ее конструкций в своде сооружаемых тоннелей проектом предусматривалась опережающая цементация породы. После набора прочности цементным раствором приступали к разработке породы с устройством набрызг-бетонной крепи.

На время проходки перегонных тоннелей под действующим станционным комплексом строительство среднего станционного тоннеля было остановлено. Забой закрепляли с помощью анкеров и набрызг-бетона.

После завершения работ по строительству среднего станционного тоннеля и пилот-тоннелей строители приступили к переборке боковых пилот-тоннелей с диаметра 6 м под проектный диаметр 8,5 м. Проходку вели в трещиноватых известняках с прослоями твердой глины прочностью на одноосное сжатие до 70 МПа. Учитывая высокую прочность породы и опыт проходки среднего станционного тон-

неля, был сделан вывод, что разработка грунта горным способом с применением установки типа Brokk увеличивает сроки строительства. Для ускорения работ перешли на буровзрывной способ в зоне действующих сооружений метрополитена. При этом были разработаны специальные мероприятия для обеспечения безопасности и комфортности пассажирских перевозок.

В основу обеспечения сейсмобезопасных условий производства работ положено ограничение допустимой скорости колебаний в основании охраняемого объекта [10, 11]. Для всех подземных объектов, расположенных в районе производства взрывных работ, в том числе инженерных систем ст. «Марьяна Роща», допустимая скорость колебаний была принята 30 мм/с.

Аналитически были рассчитаны допустимые по сейсмическому действию массы мгновенно взрывааемых зарядов в зависимости от расстояния до конструкций ст. «Марьяна Роща». Максимальная масса зарядов ($Q_d = 4,3$ кг) была ограничена исходя из воздействия на наземные объекты (строительство велось на глубине 61 м), расположенные в районе производства взрывных работ (табл. 5).

Минимальное расстояние от мест планируемого проведения буровзрывных при переборке пилот-тоннелей в технической зоне ст. «Марьяна Роща» до конструкций самой станции составило 9 м, до кабельных коллекторов — 6,74 м, а в зоне влияния станции — до конструкций станции — 5,57 м и до кабельных коллекторов — 7,5 м.

Затем был выполнен геотехнический прогноз влияния строительства станции «Марьяна Роща» БКЛ на действующие сооружения метрополитена с учетом этапности проходки (табл. 6). Были получены расчетные перемещения действующих сооружений, на основании которых было дано заключение о возможности строительства объекта.

На все время строительства ст. «Марьяна Роща» БКЛ была организована система автоматизированного мониторинга действующих сооружений Люблинско-Дмитровской линии [12]. Измерения планово-высотного положения конструкции станции проводилось с периодичностью 1 раз в 4 часа.

В итоге благодаря применению буровзрывного метода разработки породы и метода встречных забоев сроки

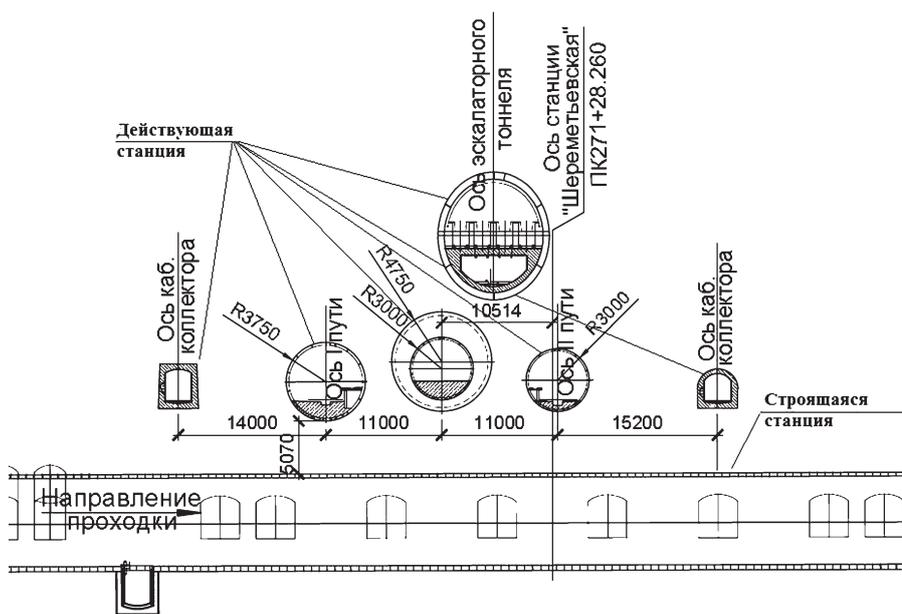


Рис. 5. Взаимное расположение станций «Марьяна Роща» БКЛ и Люблинско-Дмитровской линии (продольный разрез)

Таблица 5. Сейсмобезопасные массы мгновенно взрывааемых зарядов при переборке станционных пилот-тоннелей строящейся ст. «Шереметьевская»

Расстояние от места взрыва до конструкции ст. «Марьяна Роща» r , м	5,5–7	7–8	8–9	9–10	10–12	12–15	15–17	17–20	20–22	22–25	25 и более
Допустимая масса мгновенно взрывааемых зарядов Q_d , кг	0,067	0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,9	1,4	2,2	3,0	4,3

Таблица 6. Величины прогнозируемых и фактических вертикальных перемещений конструкций ст. «Марьяна Роща» Люблинско-Дмитровской линии

Тоннельные сооружения	Строительство перегонных тоннелей		Строительство ст. «Марьяна Роща» БКЛ	
	Расчетные перемещения	Фактические перемещения	Расчетные перемещения	Фактические перемещения
Левый перегонный тоннель за ст. «Марьяна Роща», 1-й путь	6	-4,5	11,0	-11,1
Правый перегонный тоннель за ст. «Марьяна Роща», 2-й путь	6	-1,3	11,0	-12,0
Натяжная камера ст. «Марьяна Роща» (северный вестибюль)	3	-2,6	2,0	-7,0
Эскалаторный тоннель (северный вестибюль)	4	-2,6	6,0	-7,0

строительства боковых станционных и среднего тоннелей ст. «Марьяна Роща» БКЛ удалось сократить на 25%.

Кроме того, разработанные мероприятия (автоматизированный мониторинг, расчет массы заряда и минимально безопасного расстояния) позволили обеспечить безопасность пассажирских перевозок на действующей линии без закрытия станции и других ограничений.

Выводы

Научно-техническое сопровождение при строительстве Большой кольцевой линии позволило:

- разработать и апробировать аналитический метод верификации результатов математического моделирования при выполнении геотехнических расчетов;
- разработать методику расчета коэффициента технологического перебора грунта при применении механизированной проходки тоннелей;
- контролировать изменения физического состояния грунтового массива, технического состояния и деформаций защищаемых сооружений и принимать своевременные решения по корректировке технологических параметров работы ТПМК в режиме реального времени;
- разработать и внедрить в практику подземного строительства современные методы автоматизированного мониторинга и интерактивного управления параметрами горнопроходческих работ;
- обеспечить конструктивную надежность и безопасную эксплуатацию действующих сооружений Московского метрополитена во время строитель-

ства БКЛ без применения специальных методов строительства;

- сократить сроки и стоимость проходческих работ.

Опыт, полученный при строительстве Большой кольцевой линии, поможет дальнейшему развитию подземного пространства г. Москвы, а также других мегаполисов мира. ■

Источники

1. Конюхов Д. С. Интерактивное управление технологическими параметрами проходки двухпутного перегонного тоннеля метрополитена // ГИАБ. 2022. № 5. С. 84–94.
2. Mazein S. V., Pankratenko A. N., Polyankin A. G., Sharshova E. A. Soil improvement in tunnel face using foam reagents in EPB TBM // Tunnels and Underground Cities: Engineering and Innovation meet Archaeology, Architecture and Art / Eds. Peila, Viggiani & Celestino. London: Taylor & Francis Group, 2019. P. 2663–2670.
3. Merkin V. E., Pichugin A. A., Medvedev G. M. et al. Comprehensive Automated Geotechnical Monitoring System and Experience in its Application in the Construction of Underground Facilities // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2021. No. 58 (3). P. 230–236.
4. Konyukhov D. S. Safety of existing buildings during underground mining // Mining Inform. Anal. Bull. 2022. No. 8. P. 158–167.
5. Знаменская Е. А., Зерцалов М. Г. Исследование влияния щитовой проходки тоннеля метрополитена на окружающую городскую застройку // Инновации и инвестиции. 2022. № 6. С. 167–170.

6. Kulikova E. Yu., Konyukhov D. S., Potokina A. M., Ustinov D. V. Analytical method for calculating the coefficient of technological soil sampling in the organization of mining and construction works with the use of mechanized tunneling // Mining Inform. and Anal. Bull. 2022. No. 6. P. 305–315.
7. Kulikova E. Yu., Balovtsev S. V., Skopintseva O. V. Complex estimation of geotechnical risks in mine and underground construction // Sustainable Development of Mountain Territories. 2023. No. 15 (1). P. 7–16.
8. Чуркин А. А., Капустин В. В., Конюхов Д. С., Владов М. Л. Последние изменения в российской практике нормативного регулирования «технической геофизики» // Геотехника. Т. XIII, № 2. С. 56–70.
9. Кузнецов Н. М. Способ 3D-обработки данных радиоволнового просвечивания межскважинного пространства // Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле. 2012. № 1(19). С. 240–246.
10. Верхованцев А. В., Шулаков Д. Ю., Дягилев Р. А. Особенности оценки сейсмического воздействия буровзрывных работ // Горный журнал. 2019. № 5. С. 29–36.
11. Вохмин С. А., Курчин Г. С., Кирсанов А. К., Шкаруба Н. А. Расчет параметров буровзрывных работ при строительстве подземных горных выработок. Красноярск: СФУ, 2022. 180 с.
12. Simutin A. N., Deineko A. V., Zertsalov M. G. Experience of Using the Home-Made Monitron Automated Hydrostatic-Leveling System for Monitoring of Hydraulic Structures // Power Technol. Eng. 2021. No. 55 (4). P. 482–486.

Контактно-усталостные дефекты на поверхности катания внутренних рельсов в кривых малого радиуса



В. С. Коссов,
д-р техн. наук,
профессор, генеральный
директор АО «Научно-
исследовательский
и конструкторско-
технологический
институт подвижного
состава» (АО «ВНИКТИ»),



О. Г. Краснов,
д-р техн. наук, заведующий
отделом пути
и специального подвижного
состава отделения
динамики и прочности
подвижного состава
и инфраструктуры
АО «ВНИКТИ»,



М. Г. Акашев,
канд. техн. наук,
ведущий инженер
АО «ВНИКТИ»,



Н. М. Никонова,
ведущий программист
АО «ВНИКТИ»

Одной из наиболее серьезных проблем рельсового хозяйства ОАО «РЖД» является контактно-усталостное выкрашивание. На поверхности катания рельсов на внутренних нитях в кривых радиусом 350–450 м возникают сплошные выкрашивания (код дефекта 19) протяженностью от 20 до 100 м на рельсах ДТ350 после пропущенного тоннажа 40–60 млн т брутто. Это определяет контроленепригодность рельсовых плетей на этих участках.

Общие условия зарождения и развития поверхностных трещин при повторно-переменном нагружении, включающие стадии их развития в зависимости от коэффициента интенсивности напряжений и различные подходы к моделированию роста поверхностных усталостных трещин, рассмотрены как в зарубежных, так и отечественных исследованиях [1–13].

Имеется ряд критериев зарождения поверхностной трещины в разных режимах. В настоящем исследовании использовался критерий [5], основанный на подходах механики контактного взаимодействия и включающий определение амплитудных значений максимальных эквивалентных напряжений в условиях циклического нагружения поверхностных и подповерхностных слоев рельса и расчет функции поврежденности с использованием закона накопления повреждений для экспериментального опре-

деления механических характеристик данного материала рельса [4–8].

На функцию накопления поврежденности в значительной степени влияет износ поверхности рельса, в результате которого удаляется поврежденный слой. В связи с этим расчет контактно-усталостной повреждаемости проводился с учетом эволюции (износа) поперечного профиля внутреннего рельса. На каждой итерации вычисляется накопленная поврежденность для узлов, расположенных в плоскости симметрии конечно-элементного фрагмента. Затем в этих узлах определяют число циклов до появления выщербин усталостного характера путем суммирования повреждений по каждой итерации.

Факторами, оказывающими влияние на возникновение поверхностных контактно-усталостных повреждений рельсов, помимо механических свойств рельсовых сталей, являются характер вписывания тележки и ее колесных пар в кривые, профили колес и рельсов,



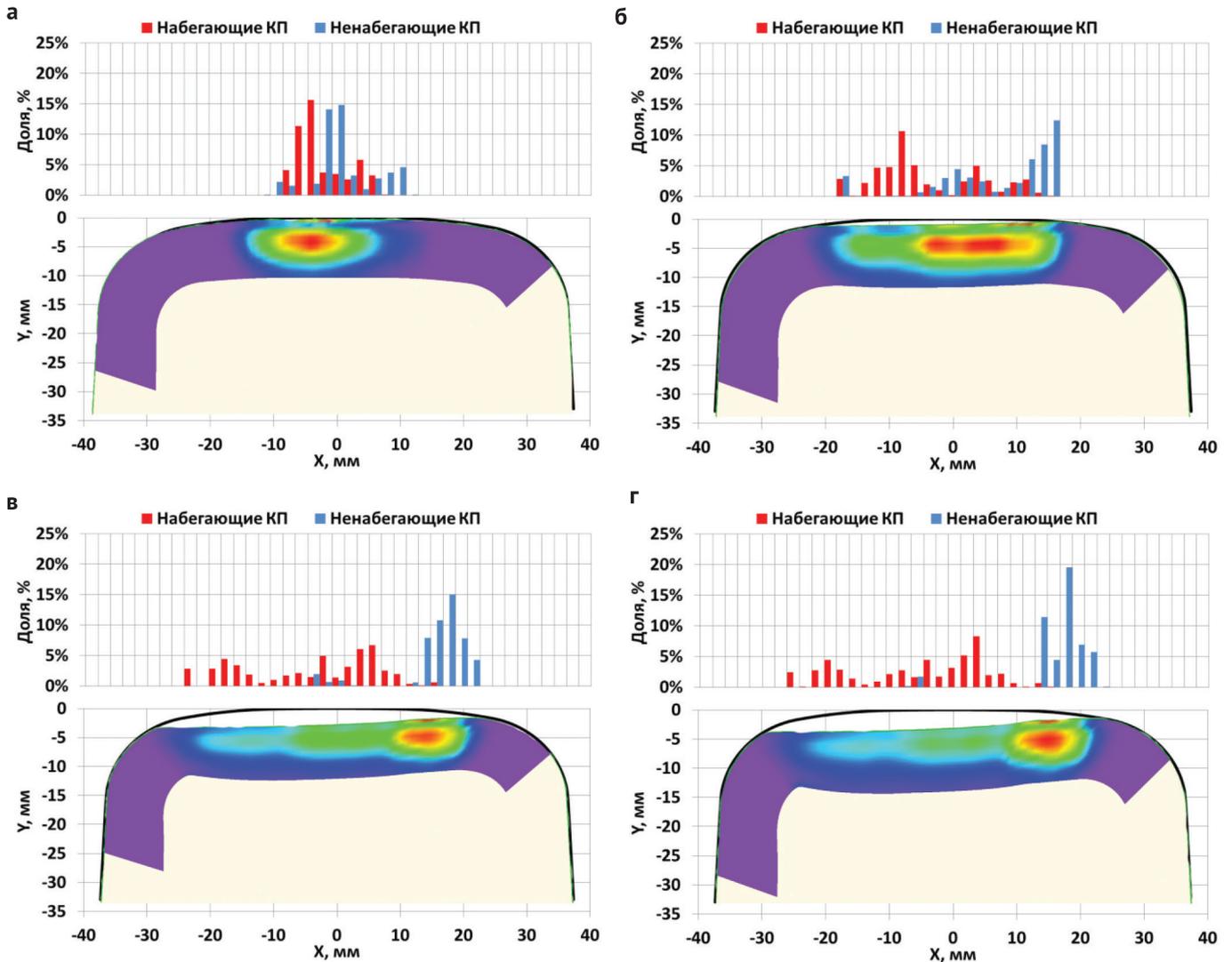


Рис. 1. Распределение точек контакта колес с внутренним рельсом в кривой $R = 300$ м при прокате полувагона с осевой нагрузкой 230 кН при разной эволюции профиля от пропущенного тоннажа: а) 0 млн т брутто; б) 20 млн т; в) 80 млн т; г) 100 млн т брутто

соответствие возвышения рельса радиусу кривой и скорости движения, трибологическое состояние поверхностей трения [1].

Для установления количественных и качественных параметров скорости развития дефектов контактно-усталостного характера на поверхности катания головки рельсов от эксплуатационных факторов проведено моделирование процессов контактно-усталостного повреждения с использованием программного комплекса «Универсальный механизм» с подключенными модулями UM Subsystems, UM Loco, UM RCF Rail, а также входящий в него программный инструмент Rail Profile Wear Evolution.

Проведено исследование влияния профилей колес и рельсов на скорость развития дефектов контактно-усталостного характера на поверхности катания головки рельсов. На основании результатов расчетов установлено, что колеса с новым профилем по ГОСТ 10791-2011, а также ремонтными профилями,

формируемыми в процессе обточки, определяют повышенное напряженное состояние на поверхности внутреннего рельса при ширине колеи более 1535 мм.

Связано это с переходом зоны контакта исследуемого нового профиля колеса с рельсом к месту сопряжения коничностей 1:10 и 1:3,5 из-за смещения колесной пары к наружному рельсу под наклоном, определяемым возвышением наружного рельса. Учитывая, что зона сопряжения коничностей «закатывается» с увеличением пробега колес грузовых вагонов, рассмотрен вопрос о необходимости учитывать влияние зоны сопряжения на образование контактно-усталостных дефектов (КУД).

Выполнены расчеты скорости нарастания КУД для профилей вагонного колеса по ГОСТ 10791-2011 от пропущенного тоннажа. На основании исследования распределений опытных данных для колес грузовых вагонов по степени износа поверхности катания и гребней

установлено, что 59% колес имеют прокат до 0,5 мм, 23% — 0,5–1,5 мм, 18% — 1,5–2,5 мм. Ширина гребня варьируется от 27 до 33 мм. С учетом этого при моделировании было выбрано 10 профилей колес с различной степенью износа.

Анализ результатов моделирования показал, что по мере износа рельса точки контакта 2-й и 4-й колесных пар (КП) локализуются ближе к наружной грани внутреннего рельса на расстоянии 14–22 мм от оси рельса, а точки контакта колес 1-й и 3-й колесных пар рассредоточены вдоль поперечной поверхности внутреннего рельса в диапазоне –24...+14 мм. Одновременно происходит рост максимальных контактных давлений на внутренний рельс от ненабегающих колес. Распределение точек контакта колеса с рельсом показаны на рис. 1.

При смещении точек контакта от колес КП_{2,4} в узкую зону у нерабочей грани внутреннего рельса возникают неконформные контакты колес и рельсов, в ре-

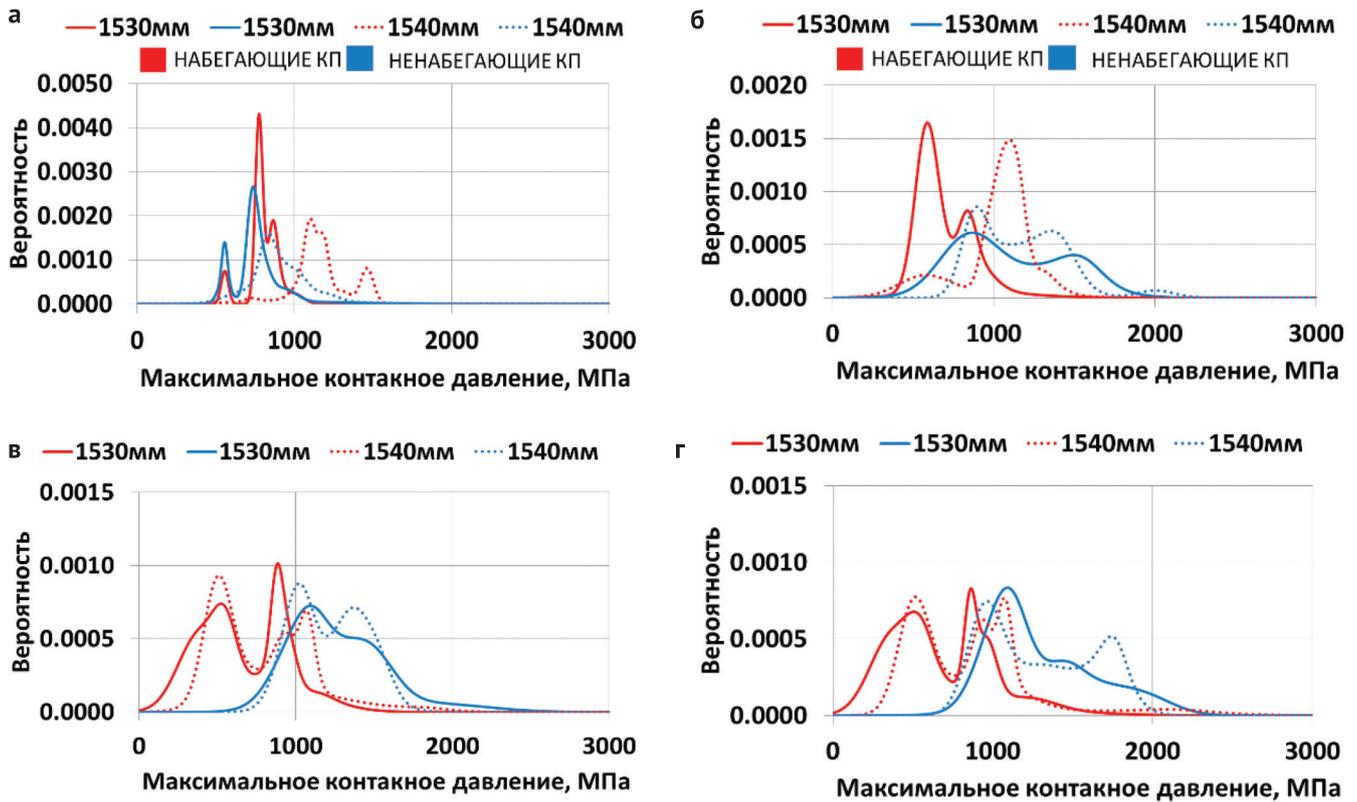


Рис. 2. Сравнительный анализ плотности распределения максимальных контактных давлений в контакте колеса с рельсом для различной ширины колеи и различного пропущенного тоннажа: а) 0 млн т брутто; б) 20 млн т; в) 80 млн т; г) 100 млн т брутто

зультате повышаются уровни контактных давлений и касательных напряжений. Это определяет рост эквивалентных напряжений, превышающих предел контактно-усталостной прочности рельсовой стали, определяющий работу поверхностных слоев рельсовой стали в области прогрессирующей пластической деформации.

Анализ полученных при моделировании данных показал, что для ширины колеи 1540 мм при наработке, близкой к 100 млн т брутто, возникает двухмодальное распределение максимальных контактных давлений от 2-й, 4-й КП в контакте «колесо — рельс» на внутреннем рельсе, частота повышенных контактных давлений возрастает, что способствует более быстрому накоплению повреждаемости

рельса. Сравнительный анализ плотности распределения максимальных контактных давлений в контакте колеса с рельсом для различных ширины колеи и пропущенного тоннажа показан на рис. 2.

Зависимости накопления повреждаемости в опасном сечении рельса от пропущенного тоннажа для профилей вагонных колес по ГОСТ 10791-2011 для разной ширины колеи представлены на рис. 3.

В результате получено, что при пропущенном тоннаже 100 млн т брутто повреждаемость для ширины колеи 1530 мм на 15% ниже, чем при ширине колеи 1540 мм.

Как ранее отмечалось, значительное влияние на распределение точек контакта от колес набегающих колесных пар

КП_{1,3} и колес ненабегающих колесных пар КП_{2,4} оказывает эволюция профиля внутреннего рельса в кривых малых радиусов. Для оценки влияния профиля внутреннего рельса на скорость образования КУД проведено моделирование изменения накопления поврежденности от пропущенного тоннажа при использовании на внутренней нити рельса с профилем UIC 60 и P65 по ГОСТ 51685-22.

Анализ результатов моделирования показал, что имеет место незначительное различие в уровнях нормальных давлений и касательных напряжений на первой итерации, в пределах прохождения которой происходит приработка поперечного профиля для рельсов с профилем UIC 60. На участках от -20 мм до +10 мм на поверхности катания рельса от оси симметрии рельса повреждаемость с профилем UIC 60 и P65 по ГОСТ 51685-22 одинакова, что связано с близкими значениями нормальных давлений и касательных напряжений. Сравнительный анализ плотности распределения максимальных контактных давлений в контакте колеса с рельсом представлен на рис. 4.

Результаты расчетов накопления КУД показали, что применение рельса с профилем UIC 60 вместо P65 по ГОСТ 51685-22 является неэффективным по крите-



Рис. 3. Зависимости накопления повреждаемости в опасном сечении рельса от пропущенного тоннажа для профилей вагонных колес по ГОСТ 10791-2011 для разной ширины колеи

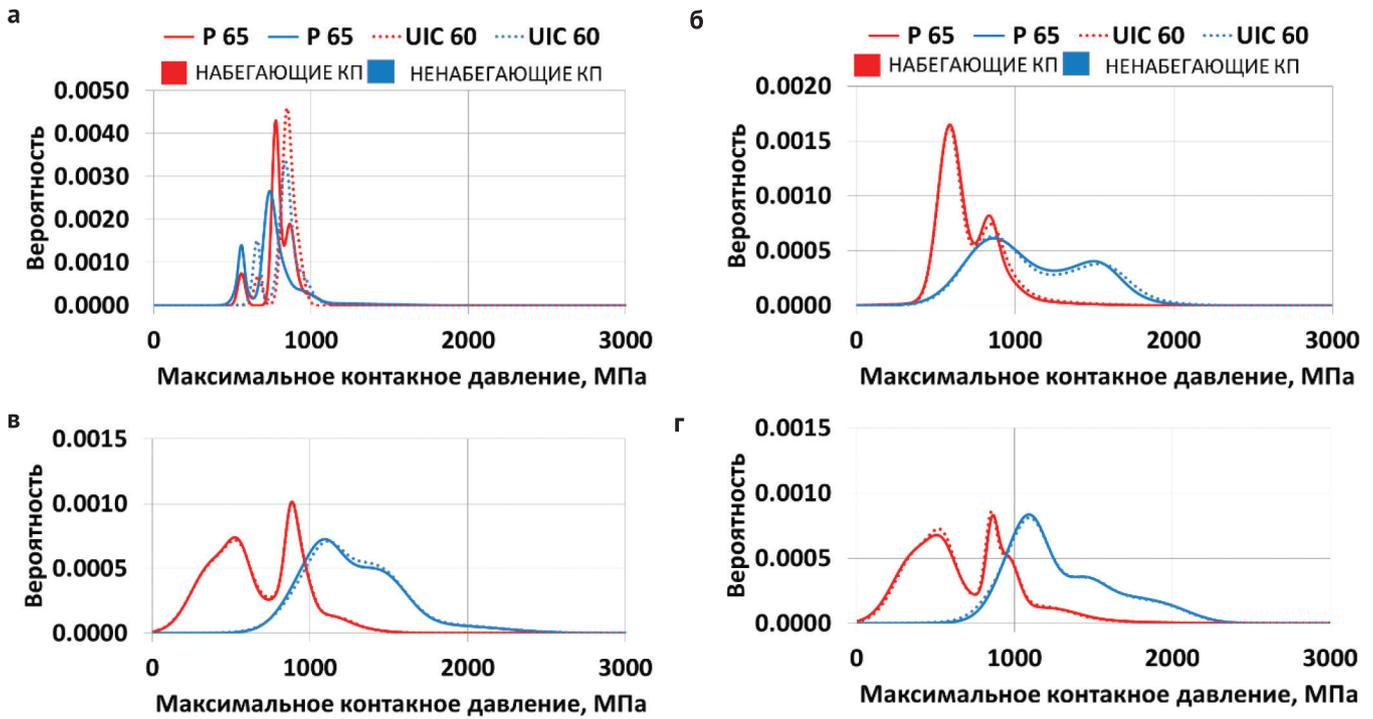


Рис. 4. Сравнительный анализ плотности распределения максимальных контактных давлений в контакте колеса с рельсом при единичном прокате полувагона (для всех профилей колес с учетом доли в расчете) при различном пропущенном тоннаже: а) 0 млн т брутто; б) 20 млн т; в) 80 млн т; г) 100 млн т брутто

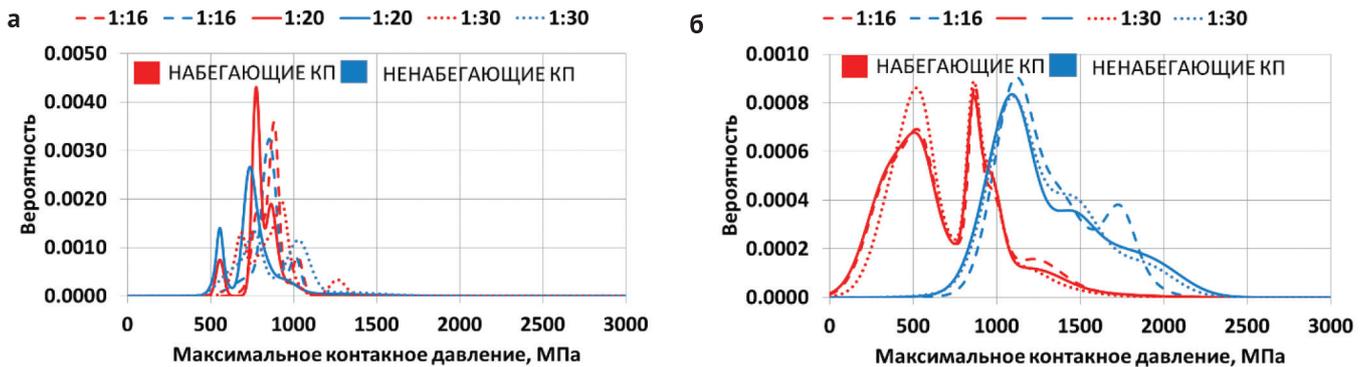


Рис. 5. Плотности распределения максимальных контактных давлений при значениях подуклонки внутреннего рельса 1/16, 1/20 и 1/30: а) на новом рельсе; б) при пропущенном тоннаже 100 млн т брутто

рию снижения скорости накопления контактно-усталостных дефектов на поверхности катания внутреннего рельса в кривых малого радиуса.

Для определения влияния подуклонки на скорость накопления контактно-усталостных дефектов на поверхности катания внутренних рельсов проведено моделирование с определением распределения точек контакта, контактных давлений, касательных напряжений. Расчеты проводились для номинального значения подуклонки 1/20 и для подуклонки с отклонениями от номинала 1/16 и 1/30. На рис. 5 представлены плотность распределения максимальных контактных давлений на новом рельсе и при пропущенном тоннаже 100 млн т брутто при значениях подуклонки 1/16, 1/20 и 1/30.

Анализ расчетных данных показал,

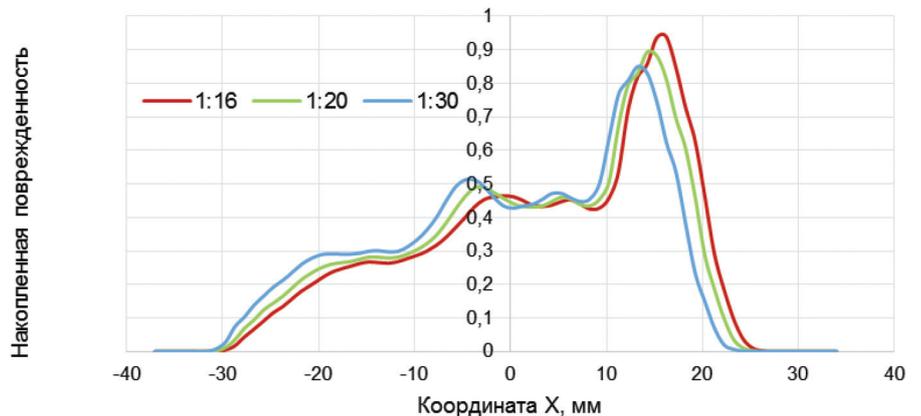


Рис. 6. Эпюры накопленной поврежденности на поверхности катания рельса при значениях подуклонки 1/16, 1/20 и 1/30

что при подуклонке 1/16 наблюдаются повышение контактных давлений и смещение точки накопления КУД в сторону внешней грани внутреннего рельса.

Эпюры накопленной поврежденности на поверхности катания рельса при разных значениях подуклонки 1/16, 1/20 и 1/30 показаны на рис. 6.

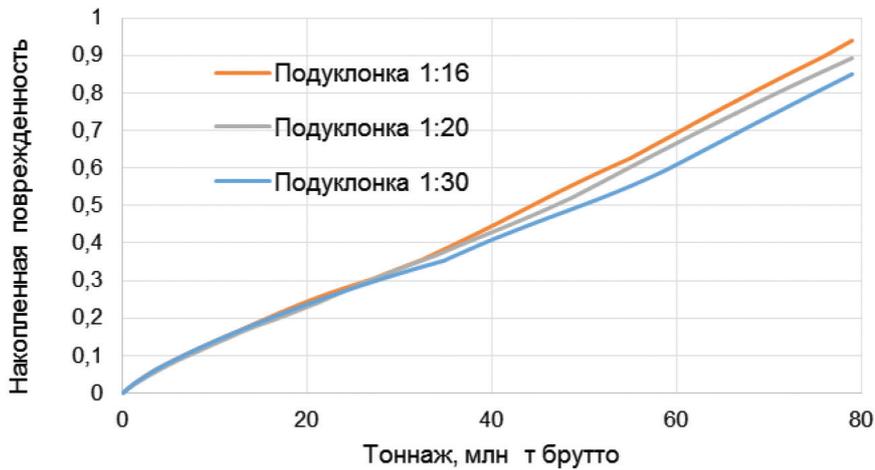


Рис. 7. Зависимости накопления контактно-усталостных дефектов в опасной точке на поверхности катания рельса при разных значениях подуклонки внутреннего рельса

Графики зависимости накопления контактно-усталостной поврежденности в опасной точке рельса представлены на рис. 7.

Снижения напряженного состояния и скорости образования КУД поверхности катания внутреннего рельса можно достичь путем стабилизации подуклонки внутренних рельсовых плетей. Например, путем применения подрельсовых прокладок повышенной жесткости и подшпальных подкладок или же путем применения усовершенствованных типов подкладочных рельсовых скреплений.

Таким образом, выполненные методом компьютерного моделирования исследования эксплуатационных факторов, оказывающих влияние на скорость образования контактно-усталостных дефектов на поверхности катания внутреннего рельса в кривых малых радиусов, позволяют сделать следующие выводы.

Эволюция профиля внутреннего рельса способствует возникновению неконформных контактов колес и рельсов, одновременно происходит смещение точек контакта от колес КР_{2,4} в узкую зону к наружной грани внутреннего рельса, в результате повышаются уровни контактных давлений и касательных напряжений. Это определяет рост эквивалентных напряжений, превышающих предел контактно-усталостной прочности рельсовой стали, определяющий работу поверхностных слоев рельсовой стали в области прогрессирующей пластической деформации, и ведет к появлению контактно-усталостных дефектов на поверхности внутреннего рельса.

В процессе моделирования исследовано влияние на накопление КУД таких факторов, как ширина колеи, подуклонка

рельсов и использование профиля UIC 60 на внутренней нити.

Анализ полученных при моделировании данных показал, что для ширины колеи 1540 мм при наработке, близкой к 100 млн т брутто, возникает двухмодальное распределение максимальных контактных давлений от 2-й, 4-й КП в контакте «колесо — рельс» на внутреннем рельсе, частота повышенных контактных давлений возрастает, что способствует более быстрому накоплению повреждаемости рельса. При пропущенном тоннаже 100 млн т брутто повреждаемость для ширины колеи 1530 мм на 15% ниже, чем при ширине колеи 1540 мм.

При подуклонке 1/16 наблюдается смещение точки накопления КУД в сторону внешней грани внутреннего рельса и повышение контактных давлений, что способствует наиболее быстрому накоплению КУД на поверхности рельса.

Применение рельса с профилем UIC 60 вместо Р65 по ГОСТ 51685-22 несущественно влияет на возникающие в зоне контакта «колесо — рельс» нормальные давления и касательные напряжения и является неэффективным методом снижения скорости накопления контактно-усталостных дефектов на поверхности катания внутреннего рельса в кривых малого радиуса. ■

Источники

- Захаров С. М., Торская Е. В. Подходы к моделированию возникновения поверхностных контактно-усталостных повреждений в рельсах // Вестн. ВНИИЖТ. 2018. Т. 177, № 4. С. 259–268.
- Цвигун В. Н. и др. Изучение механизмов контактно-усталостных дефектов рельсов. Новокузнецк: Центр СибГНУ, 2017. 133 с.

- Обобщение мирового опыта тяжеловесного движения. Управление содержанием системы колесо — рельс / пер. с англ.; под ред. С. М. Захарова. М.: Интекст, 2017. 420 с.
- Богданов В. М. и др. Моделирование процессов контактирования, изнашивания и накопления повреждений в сопряжении «колесо — рельс» // Трение и износ. 1996. Т. 17, № 1. С. 12–27.
- Сакало В. И., Сакало А. В. Выбор критерия для моделирования накопления контактно-усталостных повреждений в колесах железнодорожного подвижного состава // IV науч.-техн. семинар «Компьютерное моделирование на железнодорожном транспорте: динамика, прочность, износ», Брянск, 3–4 апр. 2018 г. Брянск, 2018. С. 63–70.
- Горячева И. Г. Механика фрикционного взаимодействия. М.: Наука, 2001. 478 с.
- Горячева И. Г., Торская Е. В. Моделирование условий образования контактно-усталостных повреждений поверхности катания // Контактно-усталостные повреждения колес грузовых вагонов / под. ред. С. М. Захарова. М.: Интекст, 2004. С. 58–97.
- Goryacheva I. G., Zakharov S. M., Torskaya E. V. Rolling contact fatigue and wear of wheel/rail simulation // Proc. Second Int. conf. railway technology research development and maintenance. Paper 0123456789. Stirlingshire: CivilComp Press, 2014. 15 p.
- Burstow M. A whole life rail model application and development for RSSB — continued development of an RCF damage parameter // Rail Standard and Safety Board. London, UK. 2004.
- Chung Lun Pun, Welsby D., Mutton P., Yan W. Rolling contact fatigue life prediction for rails and welds in heavy haul systems // Proc. Int. Heavy Haul Conf. IHNA-2015, Perth, Australia, 2015. Perth, 2015.
- Коган А. Я., Абдурашитов А. Ю. Прогнозирование отказов рельсов по дефектам контактно-усталостного происхождения // Вестн. ВНИИЖТ. 2014. № 4. С. 3–7.
- Trummer G., Marte C., Dietmaier P. et al. Modeling surface rolling contact fatigue crack initiation taking severe plastic shear deformation into account // Wear. 2016. Vol. 352–353. P. 136–145.
- Trummer G., Six K., Woelfle A. et al. Comparison of rolling contact fatigue crack initiation models under heavy haul conditions // Proc. Int. Heavy Haul Conf. IHNA-2017, Cape Town, SA, 2017. Cape Town, 2017. P. 79–84.

Роль динамических резервов в построении транспортной инфраструктуры



П. А. Козлов,
д-р техн. наук,
президент
ООО «Научно-
производственный
холдинг «СТРАТЕГ»,

Производителя, транспорт и потребителя можно рассматривать как единую систему. При согласованном подводе грузопотоков структурные резервы у потребителя уменьшаются. В этом случае устойчивость работы обеспечивается адаптивностью. Сокращение необходимых резервов без потери устойчивости квалифицируется как возникновение динамических резервов.



О. В. Осокин,
д-р техн. наук,
директор ООО «Анали-
тические и управляющие
системы на транспорте
«Транспортный алго-
ритм»,

Когда речь идет о транспорте, в научных публикациях часто упоминается термин «транспортная система». В соответствии с системным подходом, предложенным в [1], под системой понимается «целостное образование с активным самоподдержанием, при этом элементы тоже являются системами». Наряду с этим утверждается, что система — это форма устойчивого и эффективного построения организованной материи.

Здесь важны два аспекта. Первый — «активное самоподдержание». Это значит, что устойчивость обеспечивается в первую очередь адаптивностью и только во вторую — фактическими резервами. Второй — «элементы — тоже системы». Значит, в системе «железнодорожный транспорт» каждую станцию также следует рассматривать как систему.

При адаптивном управлении потоками возникают так называемые «динамические резервы» [2, 3]. При взаимодействии транспорта и производства они рассматриваются с функциональной точки зрения как некоторый демпфер, способный поглощать или выдавать некоторые всплески потока. Управление потоками может замещать по функции фактические (статические) резервы.

Величина, на которую можно сократить фактические резервы без ущерба для надежности транспортного обслуживания, и будет величиной динамических резервов. Поскольку устойчивость производственно-транспортной системы обеспечивается за счет адаптивности, без привлечения фактических резервов, динамические резервы являются самыми эффективными.



Н. В. Якушев,
канд. техн. наук,
доцент кафедры «Управ-
ление эксплуатационной
работой» Уральского госу-
дарственного университе-
та путей сообщения,



И. С. Абдуллаев,
канд. техн. наук,
заместитель начальника
Управления комплексной
экспертизы проектов
ОАО «РЖД»

Динамические резервы первого рода

Разные виды управления транспортными потоками порождают разные виды динамических резервов. Адаптивное управление однородными потоками приводит к появлению динамических резервов первого рода. Рассмотрим природу их возникновения (рис. 1).

Здесь к первому потребителю пришел всплеск грузопотока. Избыток, естественно, отправляется на резервные пути. Ко второму поступил уменьшенный поток. Недостаток восполняется из резерва. Значит, возникают два резерва.

Если поток от первого отправителя к первому потребителю перенаправить ко второму потребителю, то оба резерва не нужны. Устойчивость транспортного обслуживания не нарушается, поскольку она обеспечивается управлением. Размер суммарного сокращения фактических ре-

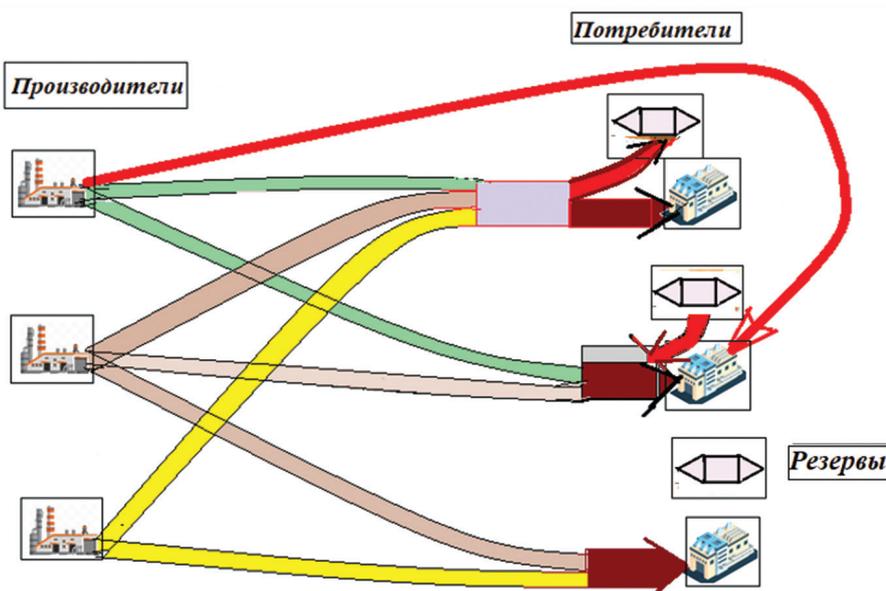


Рис. 1. Схема появления динамических резервов первого рода

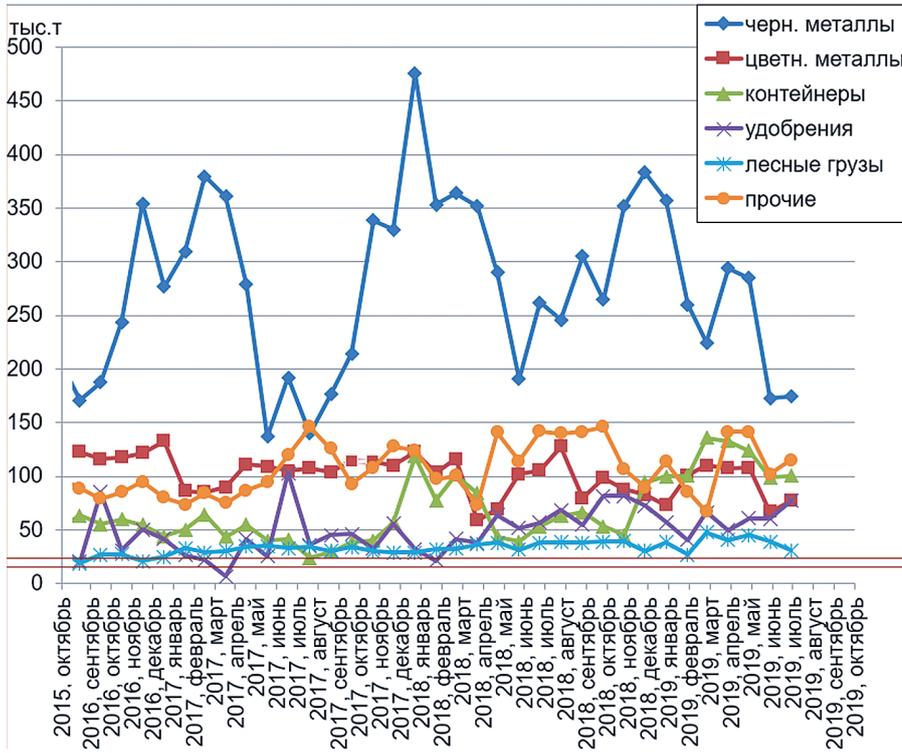


Рис. 2. Неравномерное прибытие грузов в морской порт

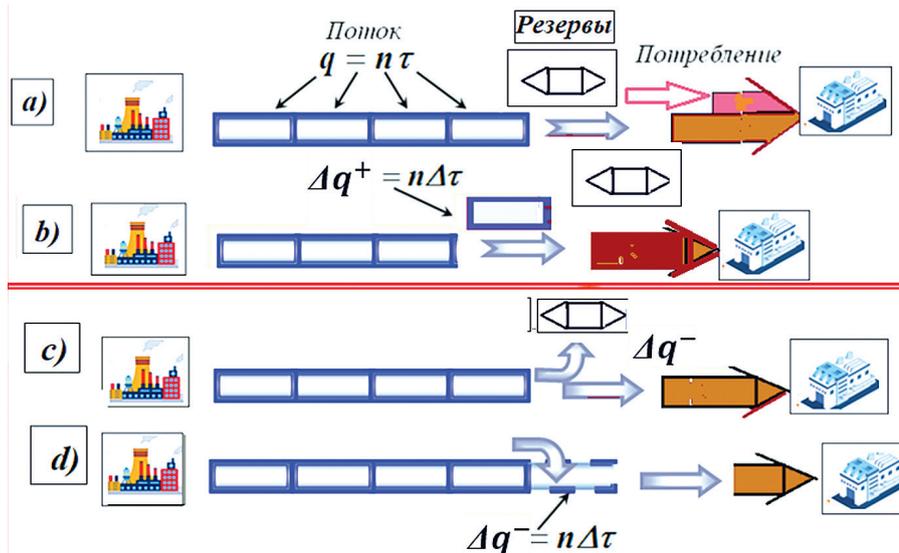


Рис. 3. Схема появления динамических резервов второго рода

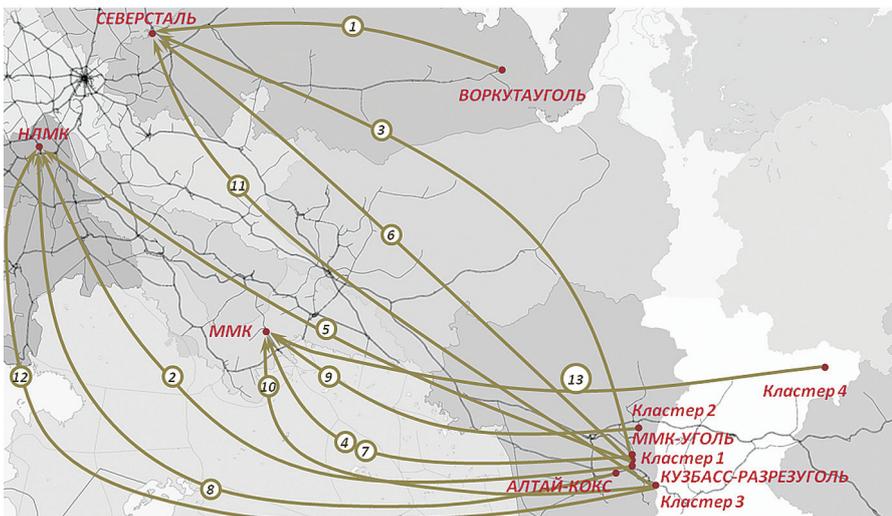


Рис. 4. Схема подвоза составов с углем к металлургическим комбинатам

зернов и будет величиной динамических резервов.

В этом случае динамические резервы можно представить логическим выражением

$$\forall t | \delta \min |, ((\sum_i q_i^+(t)), (\sum_i q_i^-(t))) \text{ при } P_{ij} \geq p^*,$$

где $q_i^+(t)$ – избыток груза;
 $q_i^-(t)$ – недостаток груза;
 p_{ij} – вероятность совпадения избытков и недостатков у группы потребителей;
 p^* – заданная вероятность, при которой можно сокращать статические резервы;
 δ – коэффициент реализации;
 \forall – знак «для всех».

То есть соотношение избытков и недостатков рассматривается только тогда, когда ситуация возникает с вероятностью не ниже заданной. Использование символа времени t говорит о том, что избытки и недостатки рассматриваются одновременно. Из двух сумм избытков и недостатков выбирается наименьшая. Именно на эту величину происходит взаимный обмен. Коэффициент δ учитывает меру, в которой можно реализовать замену недостатков избытками по транспортным условиям.

Динамические резервы второго рода

Эти резервы появляются при управляемом взаимодействии неоднородных потоков. При согласованном подвозе грузов иногда приходится прибегать к ускоренному пропуску поездов. В ОАО «РЖД» для этого создана технология пропуска так называемых грузовых поездов по расписанию.

Согласованный подвоз, конечно, нужен. Вот как, например, прибывают грузы к одному из северных портов (рис. 2) [4].

Для работы со всплесками потока требуются резервные пути. Однако при управляемом сочетании ускорения и замедления струй потока возникают динамические резервы второго рода (рис. 3).

Допустим, неуправляемый поток идет четыре единицы времени. В каждый отрезок в пути будет

$$q = n\Delta t \text{ вагонов,}$$

где q – число вагонов, которое пройдет через конкретный пункт;
 n – размер струи потока;
 Δt – время хода потока.

В варианте на рис. 3а недостаток пополняется из резерва. Значит, резерв путей и вагонов на них нужен.

В варианте на рис. 3б применили ускоренный пропуск. Теперь время хода

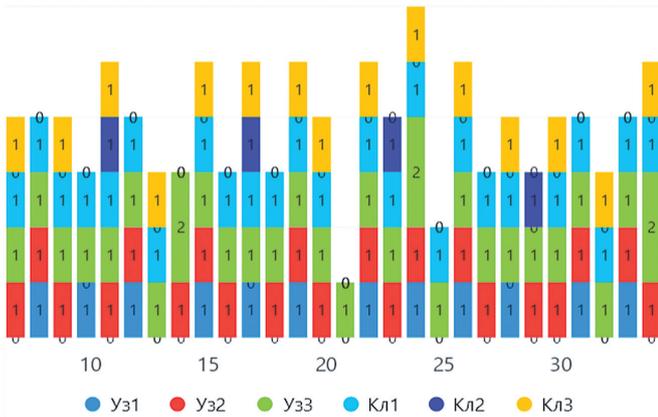


Рис. 5. Прибытие составов с углем на МК 1 при равномерном отправлении

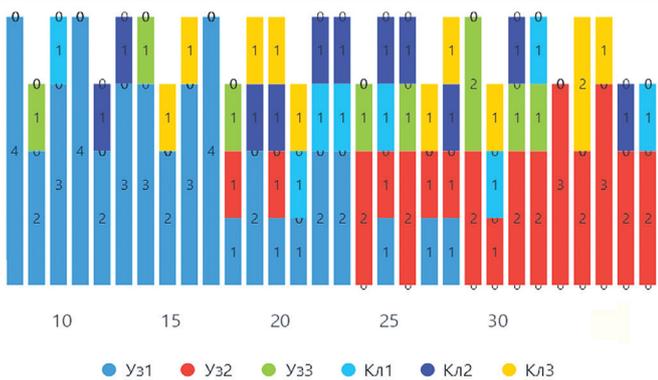


Рис. 6. Рассчитанный согласованный подвод составов с углем на МК 1

только три единицы. Куда делись $q = n\Delta t$ вагонов? Они заменили пополнение из резерва.

В варианте на рис. 3с наблюдается избыток ресурсов. Он отставлен в резерве. Резерв нужен.

В варианте на рис. 3д представлено естественное замедление потока из-за пропуска приоритетных потоков. Время хода здесь 5 суток. Поток поглотил $q = n\Delta t$ вагонов. Резерв не нужен.

Логически процесс появления динамических резервов второго рода можно выразить той же формулой, но значение переменных меняется:

$$\forall t \mid \delta \min \mid, ((\sum q_i^+(t)), (\sum q_i^-(t))) \text{ при } P_j \geq p^*,$$

где $q_i^+(t)$ — число вагонов, выделенное из потока при ускорении; $q_i^-(t)$ — число вагонов, поглощенное потоком при замедлении.

Статические резервы сократились, они заменены динамическими резервами.

Реализация динамических резервов первого рода

При организации согласованного подвода потоков от всех отправителей ко всем потребителям возникает огромное число возможных вариантов. Для корректного решения проблемы предлагается использовать динамическую транспортную задачу [5,6]. Она формулируется следующим образом.

Пусть транспортная сеть имеет $M_{ор} = f(\Psi)$ пунктов, связанных линиями $\Delta p = 2(v_{вх} + v_{об})$. Для пунктов задается $q_i(t) > 0$ погрузка или $q_i(t) < 0$ выгрузка. Для линий (p_i, p_j) определена пропускная способность $v_{ij}(t) \geq 0$ и время хода $t_{ij} \in [0, T]$.

Поток $u_{ii}(t)$ описывает динамику остатка груза у отправителя. Пусть $c_{ij}(t)$ — стоимость пропуска потока из p_i в p_j , а $c_i(t)$ — стоимость содержания остатка груза в пункте p_i .



Рис. 7. Прибытие составов с углем на МК 2 при равномерном отправлении

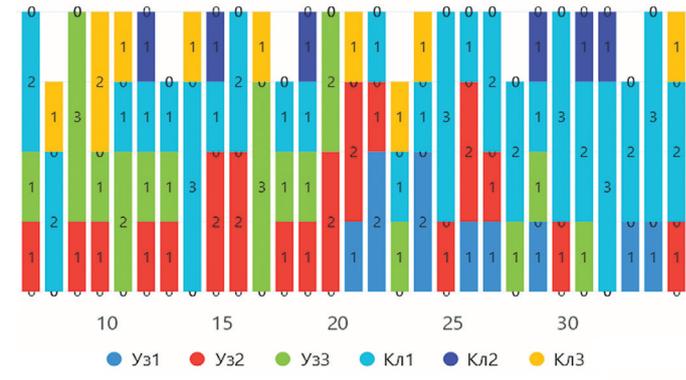


Рис. 8. Прибытие составов с углем на МК 2 при согласованном отправлении

Функционал оптимизации означает минимум затрат на пропуск потоков и хранение остатков:

$$J = \sum_{t=0}^T \sum_{p_i, p_j \in P} c_{ij}(t) \cdot u_{ij}(t)$$

при ограничениях, задаваемых балансными уравнениями.

$$u_{ii}(t + 1) = u_{ii}(t) + q_i(t) + \sum_{\substack{p_j \in P \\ i \neq j}} (u_{ji}(t - t_{ji}) - u_{ij}(t))$$

$$0 \leq u_{ij}(t) \leq v_{ij}(t); \quad p_i, p_j \in P, \quad t = \overline{0, T}$$

$$0 \leq t + t_{ij} \leq T, \quad 0 \leq t - t_{ij} \leq T$$

$$u_{ii}(0) = u_{ii}^0, \quad u_{ii}(T) = 0, \quad p_i \in P$$

У отправителя балансное уравнение будет иметь вид

$$u_{ii}(t + 1) = u_{ii}(t) + q_i(t) - \sum_{p_j \in P} u_{ij}(t),$$

а у потребителя

$$u_{jj}(t + 1) = u_{jj}(t) + q_j(t) + \sum_{p_i \in P} u_{ij}(t - t_{ij}) .$$

Задача решается с помощью процедуры размножения во времени. Реализация показана на примере подвода составов с рудой и углем к трем металлургическим комбинатам от шести отправителей (рис. 4). Исследуются ситуации, близкие к реальности. Для научного эксперимента принято одно допущение: потоки могут идти от каждого отправителя ко всем комбинатам, при этом масштаб управления увеличивается. Для удобства приняты сокращенные обозначения.

Причины неравномерности прибытия грузов к получателям разные: неравномерность отправления, колебания времени доставки, несогласованность ритмов отправления. Здесь важно рассмотреть третью причину.

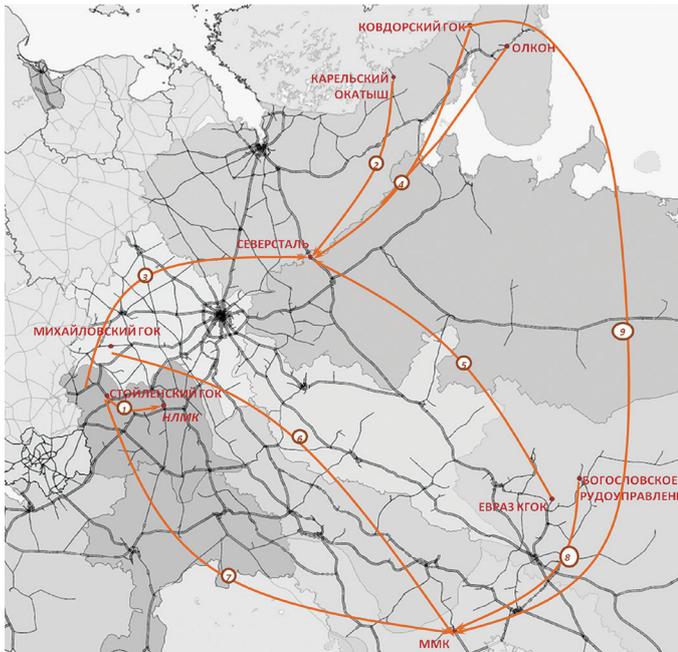


Рис. 9. Схема подвода составов с рудой к металлургическим комбинатам

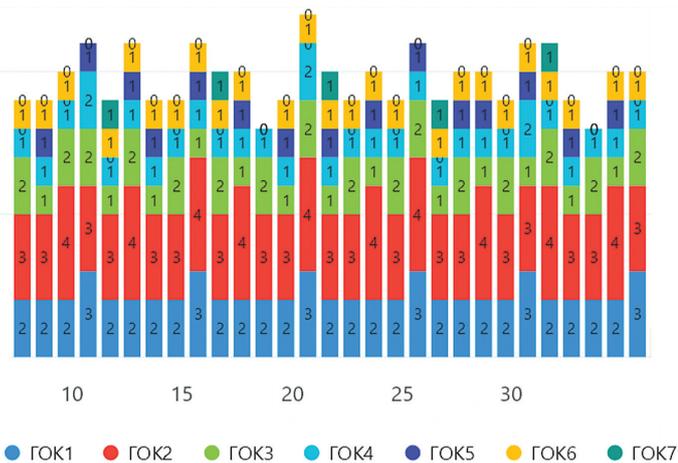


Рис. 10. Прибытие составов с рудой на МК 2 при равномерном отправлении

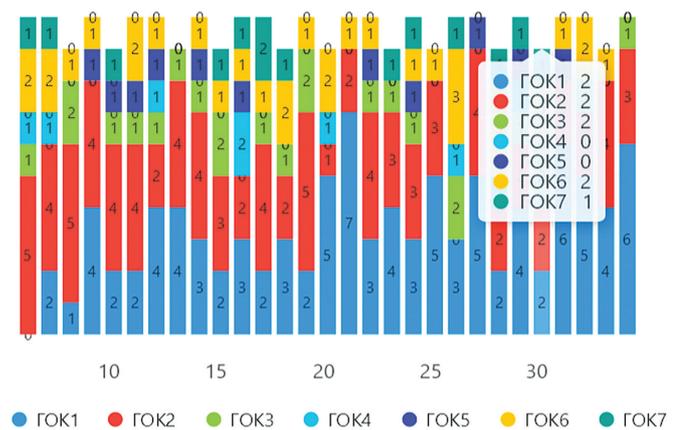


Рис. 11. Прибытие составов с рудой на МК 2 при согласованном подводе

Возьмем два варианта подвода составов с грузом. Потребление считается равномерным.

Первый. Все производители отправляют составы каждому потребителю равномерно, ожидая, по-видимому, что и прибывать составы будут равномерно. Расчет показывает, что это не так, и мы имеем прибытие неравномерное (рис. 5).

Рассмотрим ситуацию на комбинате МК 1.

Цветом показано, что отправление от каждого производителя равномерное, а прибытие неравномерное, так как ритмы у отправителей не совпадают. На всплески потока придется создавать структурные резервы.

Рассчитаем согласованный подвод с помощью динамической транспортной задачи (рис. 6).

Прибытие теперь равномерное. Колебания на один состав объясняются тем, что при делении объема на интервалы получается нецелое число, поэтому в отдельных случаях приходится ставить на один состав больше или меньше.

Это один из возможных вариантов по критерию минимума отклонения ритма прибытия от ритма потребления. Выбор можно корректировать введением дополнительных ограничений и других слагаемых со своими весовыми коэффициентами в функционале.

Прибытие равномерное, но отправление теперь неравномерное, у всех отправителей согласованное по ритму прибытия.

Возьмем комбинат МК 2. Здесь аналогичная картина (рис. 7, 8).

Похожая картина и у третьего комбината.

Рассмотрим подвод составов с рудой. Здесь потребители те же, а отправители другие (рис. 9).

Картина в общем похожая (рис. 10, 11), хотя неравномерность прибытия при равномерном отправлении несколько меньше.

Из расчетов можно сделать следующие выводы.

Адаптивное управление процессами на транспорте ведет к созданию динамических резервов. Для их расчета следует использовать динамическую транспортную задачу. Если потоки однородные (возникают динамические резервы первого рода), то аппаратом будет одноструйная динамическая транспортная задача. Если потоки неоднородные (возникают динамические резервы второго рода), то многоструйная.

При расчете емкости парков на станции необходимо учитывать, что резервы путей при адаптивном управлении могут быть значительно меньше.

Необходимо как можно больше развивать адаптивные формы технологии. Это повысит эффективность работы, так как устойчивость транспортных систем в меняющейся обстановке будут обеспечивать в первую очередь динамические резервы. ■

Источники

1. Козлов П. А. Системные исследования – новый подход // Наука и техника транспорта. 2014. № 1. С. 46–50.
2. Владимирская И. П., Козлов П. А. Взаимодействие потока и элементов транспортной структуры // Науч. вестн. МГТУ ГА. 2009. С. 26–34.
3. Осокин О. В., Тушин Н. А., Козлов П. А. Организационные подходы и модели оптимизации // Мир транспорта. 2011. Т. 9, № 5 (38). С. 18–23.
4. Козлов П. А., Владимирская И. П. Методы оптимизации взаимодействия железнодорожного и морского транспорта // Транспорт РФ. 2009. № 1 (20). С. 53–55.
5. Миловидов С. П., Козлов П. А. Оптимизация структуры транспортных потоков в динамике при приоритете потребителей // Экономика и математические методы. 1982. Т. XVIII, вып. 3. С. 521–531.
6. Владимирская И. П., Козлов П. А. Оптимизация взаимодействия поставщиков и потребителей при случайном разбросе в потреблении и времени доставки // Вестн. РГУПС. 2009. № 2 (34). С. 66–70.

Оценка влияния собственных форм колебаний рамы и груза на показатели динамических качеств длиннобазных вагонов-платформ



А. М. Орлова,
д-р техн. наук, директор
Дирекции научно-техниче-
ского развития
ПАО «Научно-производ-
ственная корпорация
«Объединенная вагонная
компания»,



Е. А. Рудакова,
канд. техн. наук, ведущий
научный сотрудник,
руководитель отдела
комплексных исследований
динамики взаимодействия
экипажа и пути
ООО «ВНИЦТТ»,



А. В. Гусев,
канд. техн. наук, ведущий
научный сотрудник
ООО «ВНИЦТТ»,



А. Х. Юлдашев,
аспирант Петербургского
государственного
университета путей
сообщений Императора
Александра I

Одним из направлений улучшения технико-экономических показателей грузового вагона является расширение номенклатуры перевозимого груза, которое может быть реализовано за счет применения длиннобазного вагона-платформы. Это позволит повысить эффективность перевозочного процесса отдельных видов длинномерного груза и обеспечить высокую вариативность схем погрузки контейнеров.

В сравнении с универсальным вагоном-платформой, у которого длина базы составляет не более 10 м, специализированный подвижной состав может обладать рядом конструктивных и технических особенностей, которые необходимо учитывать при оценке показателей динамических качеств (ДК) экипажа на этапах проектирования и испытаний. К данным особенностям относятся увеличенная масса тары и база вагона, наличие дополнительных элементов на раме для закрепления груза. Также при увеличении длины базы железнодорожной единицы особое значение приобретает учет собственных колебаний рамы вагона и груза в случае перевозки длинномерного металлопроката (рельсов) и их влияние на показатели ДК экипажа.

Увеличенная длина базы вагона позволяет реализовать множество вариантов схем погрузки контейнеров разного типа, проверить которые при ходовых динамических испытаниях не представляется возможным. Поэтому на предварительном этапе компьютерное моделирование позволяет выбрать наиболее критичные схемы погрузки платформ контейнерами с точки зрения наихудших показателей ДК для дальнейшего экспериментального исследования.

Конструктивные особенности длиннобазного вагона-платформы

В эксплуатации находятся разные модели длиннобазных вагонов-платформ с увеличенной базой более 19 м [1] для перевозки контейнеров разного типа по ГОСТ Р 53350 [2], а также длинномерного

металлопроката, уложенного в штабель (рис. 1).

Для расширения ассортимента перевозимого груза и его закрепления на раме в конструкции вагона могут применяться разные технические решения. Так, при перевозке длинномерного металлопроката необходимо обеспечить ограничение его перемещения, поэтому на раме платформы предусмотрены торцевые стены (ТС) и стойки (рис. 1б).

В зависимости от длины перевозимого груза конструкция платформы может допускать изменение положения



Рис. 1. Длиннобазные вагоны-платформы моделей: а) 13-1281 (база 19,7 м); б) 13-4108 (20 м); в) 13-6903 (19 м); г) 13-6726 (19 м)

торцевых стен вдоль рамы вагона. Для исследования динамического поведения экипажа в данной работе рассмотрена перспективная конструкция платформы с базой 20,2 м, укомплектованная передвижными торцевыми стенами. В качестве аналога принят вагон на рис. 1б.

Параметры длиннобазного вагона-платформы:

- база вагона 20,20 м
- тара вагона 36 500±0,5 кг
- грузоподъемность 63 000 кг
- масса кузова порожнего вагона 20 300 кг
- масса конструкции торцевой стены 2875 кг
- высота центра масс (ЦМ) порожнего кузова (без торцевых стен) над уровнем плоскости подпятника 0,396 м
- высота ЦМ конструкции торцевой стены над уровнем плоскости подпятника 1,532 м.

Компьютерная модель длиннобазного вагона-платформы

На первом этапе была разработана компьютерная модель длиннобазного вагона-платформы в рамках подхода, реализованного в программном комплексе (ПК) «Medyna» [3].

Торцевые стены, контейнеры и штабель из длинномерного металлопроката смоделированы в виде отдельных твердых тел. Связь торцевых стен и контейнеров с рамой вагона обеспечивалась элементом, который позволяет разрешать или запрещать линейные и угловые перемещения в местах опирания, в результате чего была максимально точно смоделирована работа фитинговых упоров и узлов крепления ТС. Для описания связи штабеля из металлопроката с рамой вагона применялась комбинация аналогичных элементов.

Моделирование проводилось на прямом участке пути в кривой радиусом 650 м со скоростями 60, 100 и 120 км/ч, а также в кривой радиусом 350 м со скоростями 60 и 80 км/ч с учетом численных реализаций вертикальных и горизонтальных неровностей рельсовых нитей согласно РД 32.68 [4], которые учитывают наиболее неблагоприятное состояние верхнего строения пути.

При моделировании рассмотрено несколько случаев динамического поведения экипажа: платформа в порожнем и груженом состояниях на основе твердотельной модели, модель платформы с учетом собственных форм колебаний рамы для всех рассмотренных случаев

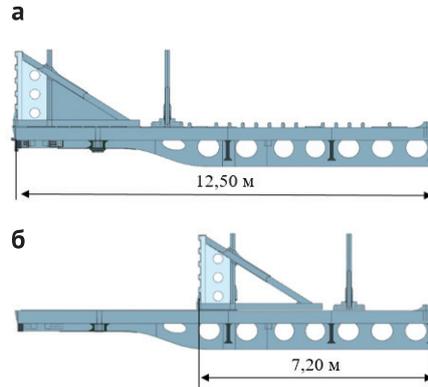


Рис. 2. Установка торцевых стен на раме платформы: а) торцевые стены по краям; б) торцевые стены смещены к центру

и груза для случая перевозки металлопроката минимальной жесткости.

Анализ влияния расположения торцевых стен на показатели динамических качеств порожнего вагона-платформы

Принимая во внимание, что торцевая стена является отдельным телом массой около трех тонн, возникает необходимость оценить влияние положения торцевых стен на раме порожнего вагона-платформы (рис. 2) на показатели ДК. Расположение торцевых стен по краям рамы позволяет реализовать полную загрузку платформы контейнерами или разместить длинномерный металлопрокат по всей длине рамы. Смещение стен в центральную часть позволяет закреплять и перевозить металлопрокат меньшей длины. Данные варианты расположения ТС на раме выбраны для оценки влияния сосредоточенной массы с разных сторон от шкворневого узла на показатели ДК экипажа.

По результатам компьютерного моделирования на твердотельной модели (без учета собственных форм колебаний рамы) установлено, что показатели ДК платформы на различных участках пути для всего диапазона рассмотренных скоростей удовлетворяют требованиям ГОСТ 33211 [5].

На рис. 3 представлено сравнение двух вариантов установки ТС для участка пути с наибольшими значениями показателей ДК (кривая радиусом 650 м) при движении порожнего вагона: максимальный коэффициент динамической добавки обрессоренных частей ($K_{дв}$); максимальное отношение рамной силы к статической осевой нагрузке ($H_p/P_{ст}$); минимальный коэффициент запаса устойчивости от схода колеса с рельса ($K_{уст}$).

Результаты моделирования показали, что крайнее расположение ТС на

раме платформы вызывает увеличение (ухудшение) показателей ДК до 11 % по сравнению с расположением ТС ближе к центральной части.

На следующем этапе для крайнего положения торцевых стен с учетом реализованного в ПК «Medyna» подхода было проведено компьютерное моделирование движения вагона-платформы с учетом первой (изгибной) формы собственных колебаний рамы (рис. 4), характеристики которой предварительно получены в ПК «Siemens NX» («NX») и затем учтены в твердотельной модели вагона (перемещения элементов рамы, собственная частота, приведенная масса и жесткость).

Результаты компьютерного моделирования показали, что при учете собственных форм колебаний рамы платформы не установлено превышений допустимых значений показателей ДК на всем диапазоне скоростей на прямом и в кривых участках пути. При этом изгибная форма собственных колебаний рамы платформы способствует увеличению максимальных значений вертикальных ускорений обрессоренных частей (a_z) в долях от ускорения свободного падения и $K_{дв}$ до 35 и 14 % соответственно. Максимальные расхождения, полученные на

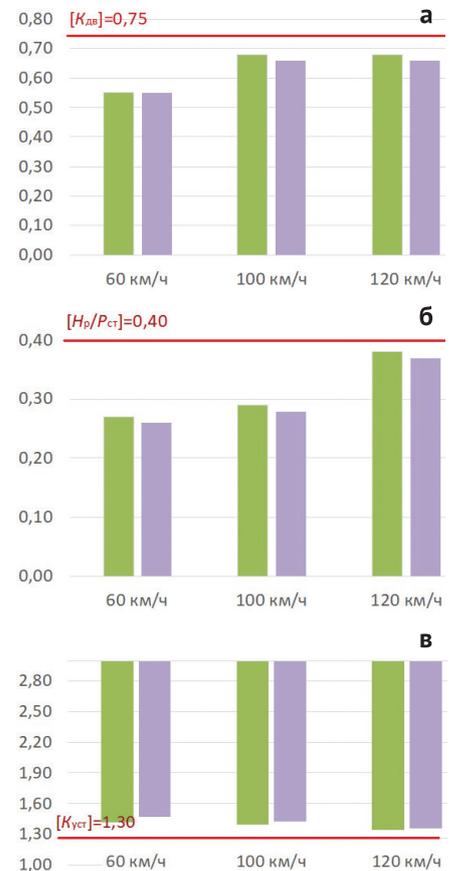


Рис. 3. Показатели ДК порожней платформы в кривой с радиусом 650 м: а) $K_{дв}$; б) $H_p/P_{ст}$; в) $K_{уст}$

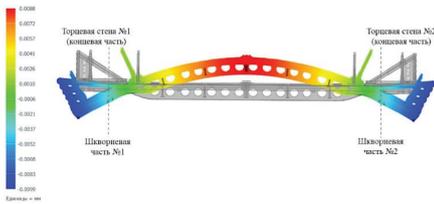


Рис. 4. Графическое изображение изгибаемой формы собственных колебаний рамы платформы с частотой 8,82 Гц (цветом показано перемещение элементов рамы в вертикальной плоскости, мм)

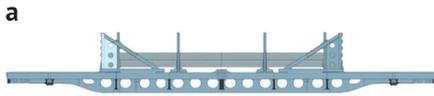


Рис. 6. Рама вагона-платформы в груженом состоянии: а) загрузка металлопрокатом 13 м; б) загрузка металлопрокатом 25 м; в) перевозка контейнеров типа 1ААА

прямом участке пути, представлены на рис. 5. Расхождение с другими показателями ДК не превысило 3%.

Анализ влияния вариантов загрузки вагона-платформы на показатели ДК

На первом этапе было проведено компьютерное моделирование на твердотельных моделях для платформы в груженом состоянии (рис. 6). Вариант загрузки платформы контейнерами типа 1ААА представляет интерес с точки зрения влияния повышенного ЦМ (2,54 м) на показатели ДК. При такой постановке задачи модель предусматривает равномерное распределение нагрузки по раме, поэтому вариант перевозки длиномерного металлопроката 25 м, уложенного в штабель, отличается от варианта перевозки контейнеров только высотой ЦМ (1,36 м).

При перевозке штабеля из металлопроката длиной 13 м с высотой ЦМ 1,5 м нагрузка на раму сосредоточена в центральной части, что способствует максимальному изгибающему моменту в сечениях этой зоны и может существенно влиять на показатели ДК экипажа, поэтому этот вариант загрузки также был рассмотрен.

На рис. 7 приведены результаты компьютерного моделирования на основе твердотельной модели для случаев с наибольшим расхождением показате-

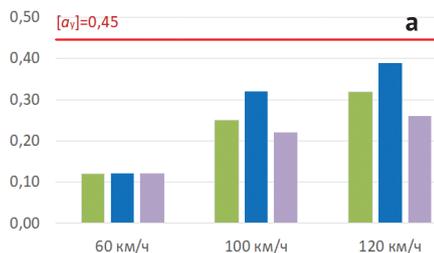


Рис. 7. Показатели ДК груженой платформы: а) прямая, б) кривая с радиусом 650 м, $K_{дв}$

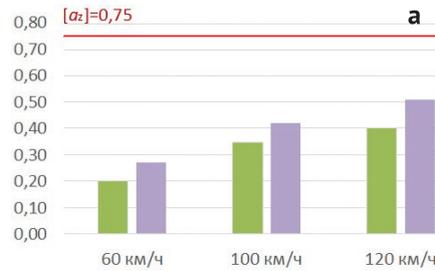
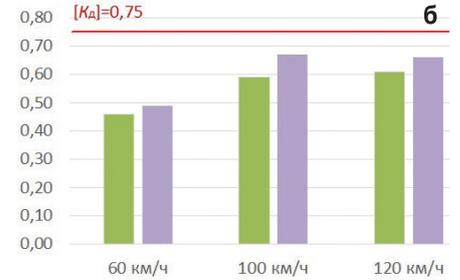


Рис. 5. Показатели ДК порожней платформы с учетом изгибаемой формы собственных колебаний рамы при движении на прямом участке пути: а) a_z ; б) $K_{дв}$



лей ДК. При сравнении показателей ДК платформы, загруженной контейнерами типа 1ААА и металлопрокатом различной длины, нельзя однозначно сказать, какая схема погрузки хуже или лучше. Так, при перевозке металлопроката зафиксирован рост боковых ускорений обрессоренных частей (a_y) в долях от ускорения свободного падения, по сравнению с вариантом загрузки контейнерами максимальное расхождение достигает 50% на прямом участке пути (рис. 7а). При перевозке контейнеров по сравнению с вариантом загрузки вагона металлопрокатом (рис. 7б) рост значений $K_{дв}$ достигает 44% в кривой с радиусом 650 м при скорости 60 км/ч.

На втором этапе проведена оценка показателей ДК вагона-платформы с учетом собственных форм колебаний рамы платформы (изгибаемая) и груза (волнообразная) в случае перевозки металлопроката. Первый расчетный случай включал вариант загрузки вагона контейнерами типа 1ААА. При моделировании была учтена изгибаемая форма собственных колебаний рамы платформы (торцевые стены установлены по краям рамы), а контейнер являлся твердым телом. Установлено, что расхождение значений показателей ДК для твердотельной модели платформы и с учетом изгибаемой формы собственных колебаний рамы не превысило 3%.

Второй расчетный случай включал вариант загрузки вагона металлопро-

катом длиной 13 м. При моделировании были учтены собственные формы колебаний рамы платформы для случая смещения торцевых стен к центру и отдельно металлопроката, которые предварительно были получены в ПК «NX» (рис. 8). Собственные частоты рамы платформы и металлопроката различаются на 24%, что исключает возникновение резонанса.

Результаты моделирования показали, что при учете собственных форм колебаний рамы платформы и металлопроката не установлено превышения допустимых значений показателей ДК. При этом учет изгибаемой формы собственных колебаний рамы и металлопроката длиной 13 м способствует увеличению вертикальных ускорений a_z и $K_{дв}$ до 46% и 20% соответственно (рис. 9). Расхождение с другими показателями ДК не превышает 3%.

Третий расчетный случай включал вариант загрузки вагона-платформы металлопрокатом, уложенным в штабель длиной 25 м. При моделировании были учтены собственные формы колебаний рамы платформы для случая расположения торцевых стен по краям рамы и отдельно металлопроката, которые предварительно были получены в ПК «NX» (рис. 10).

Учет изгибаемой формы собственных колебаний рамы платформы и металлопроката длиной 25 м способствует увеличению вертикальных ускорений a_z и $K_{дв}$ до 55% и 32% соответственно (рис. 11). Расхождение с другими показателями ДК не превышает 5%. При этом следует отметить, что перевозка металлопроката длиной 25 м является наиболее динамически нагруженным режимом по сравнению с вариантом загрузки платформы металлопрокатом длиной 13 м.

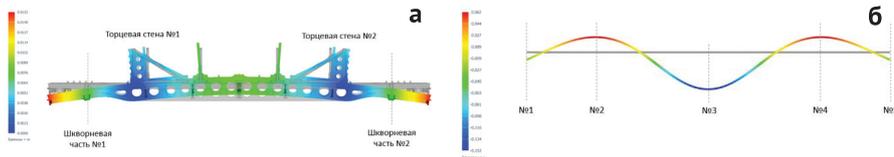


Рис. 8. Графическое изображение собственных форм колебаний: а) рама платформы с частотой 11,31 Гц; б) штабель металлопроката длиной 13 м с частотой 8,56 Гц (цветом показано перемещение элементов рамы и штабеля в вертикальной плоскости, мм)

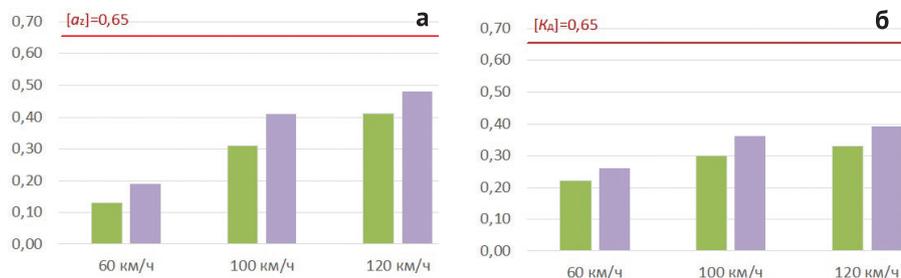


Рис. 9. Показатели ДК для платформы, загруженной металлопрокатом длиной 13 м, при движении на прямом участке пути: а) a_z ; б) $K_{дв}$

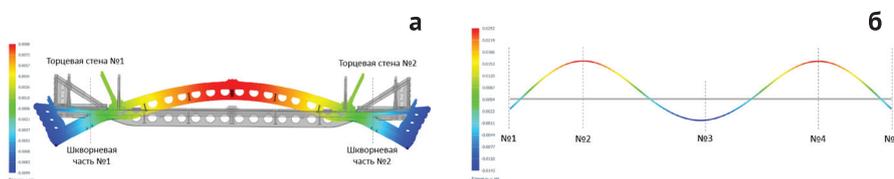


Рис. 10. Графическое изображение собственных форм колебаний: а) рама платформы с частотой 8,82 Гц; б) штабель металлопроката длиной 25 м с частотой 2,62 Гц (цветом показано перемещение элементов рамы и штабеля в вертикальной плоскости, мм)

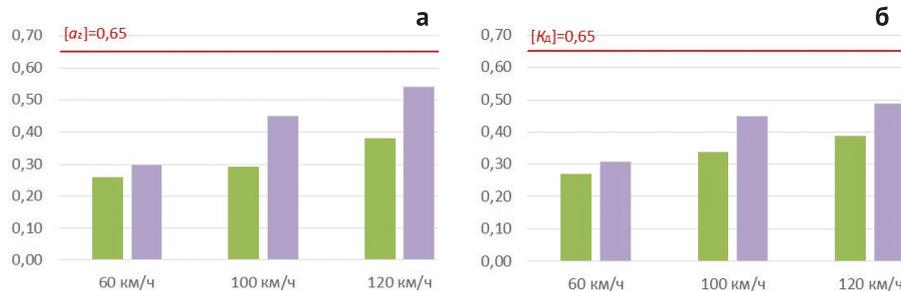


Рис. 11. Показатели ДК для платформы, загруженной металлопрокатом длиной 25 м, при движении на прямом участке пути: а) a_z ; б) $K_{дв}$

Заключение

С применением методов компьютерного моделирования на базе ПК «Medyna» в работе проведен анализ динамического поведения длиннобазного вагона-платформы, особенностью которого является наличие передвижных торцевых стен для крепления груза. Моделирование проводилось с различными скоростями на прямом и в кривых участках пути для вагона в порожнем состоянии с установленными торцевыми стенами и в груженом состоянии при перевозке контейнеров типа 1AAA и металлопроката разной длины.

Анализ показателей ДК длиннобазного вагона-платформы показал следующие результаты.

1. Расположение торцевых стен по краям вагона-платформы способствует увеличению показателей ДК до 11 % относительно варианта размещения торцевых стен в центральной части.

2. Учет изгибающей формы собственных колебаний рамы в компьютерной модели длиннобазного вагона-платформы способствует увеличению максимальных значений вертикальных ускорений и коэффициента динамической добавки обрессоренных частей для порожнего вагона до 35 % и 14 % соответственно, а для груженого вагона с учетом изгибающей формы собственных колебаний металлопро-

ката — до 46–55 % и 20–32 %. Наибольшие значения соответствуют перевозке металлопроката длиной 25 м, соответственно при этом расхождение с другими показателями не превышает 5 %. Для груженого вагона при загрузке контейнерами типа 1AAA и с учетом изгибающей формы собственных колебаний рамы платформы расхождение значений показателей ДК с твердотельной моделью не превышает 3 %.

На основании комплекса исследований для вагонов-платформ с увеличенной базой (более 19 м) целесообразно дать следующие рекомендации.

1. На этапе проектирования проводить анализ показателей ДК с учетом изгибающей формы собственных колебаний рамы и груза (в случае перевозки длинномерного металлопроката малой жесткости).

2. При экспериментальной проверке учитывать на полигоне в рамках ходовых динамических испытаний обязательные схемы: в порожнем режиме — с расположением торцевых стен по краям рамы (если есть другие варианты расположения торцевых стен), в груженом — вариант загрузки вагона длинномерным металлопрокатом, уложенным в штабель на длине 25 м (если в номенклатуре перевозимого груза значится длинномерный металлопрокат малой жесткости). **□**

Источники

- Василенко Д. А. Сравнительный анализ конструкций рам длиннобазных платформ // Изв. ПГУПС. 2007. № 4. С. 48–56.
- ГОСТ Р 53350. Контейнеры грузовые серии 1. Классификация, размеры и масса. М.: Стандартинформ, 2009. 15 с.
- Орлова А. М., Лесничий В. С., Рудакова Е. А. и др. Требования к динамическим качествам грузовых вагонов и методы их подтверждения: учеб. пособие. СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014. 51 с.
- РД 32.68-96. Расчетные неровности железнодорожного пути для использования при исследованиях и проектировании пассажирских и грузовых вагонов. М.: МПС, 1996.
- ГОСТ 33211-2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. М.: Стандартинформ, 2014.

Методы машинного обучения в мониторинге рабочего поведения морского двухтактного дизельного двигателя



А. И. Епихин,
канд. техн. наук,
начальник кафедры
эксплуатации судовых
энергетических установок
Государственного морского
университета (ГМУ)
им. адм. Ф. Ф. Ушакова,



С. И. Кондратьев,
д-р техн. наук,
ректор ГМУ
им. адм. Ф. Ф. Ушакова,



Е. В. Хекерт,
д-р техн. наук,
проректор ГМУ
им. адм. Ф. Ф. Ушакова

С развитием интеллектуального судостроения все больше данных датчиков добавляется к диагностике работы судовых систем. Огромный массив информации предъявляет повышенные требования к мониторингу рабочего поведения двигателей. В связи с этим актуальной проблемой является использование методов машинного обучения для определения состояния работы энергетических установок судов.

Сегодня компьютеры способны выполнять многие задачи, которые раньше решали люди. Это реализуется с помощью машинного обучения при наличии достаточного количества данных. Поскольку компьютеры могут получать и хранить очень большие объемы информации, а также быстро их обрабатывать, в решении многих задач они позволяют достигать лучших результатов, чем человек.

Существуют различные методы машинного обучения, и хорошей производительности можно добиться, выбрав подходящий подход с наилучшей параметризацией. Разумеется, лучшие, чем у человека, результаты зависят от типа задачи и данных.

Широкое распространение методы машинного обучения находят в техническом обслуживании судовых систем. Машинное отделение судна — это сложный механизм, состоящий из множества элементов и взаимосвязанных частей. Поскольку автоматизация приобретает все большее значение на судах нового поколения, данные от сотен или даже тысяч датчиков могут обрабатываться и записываться в режиме реального времени [1, 2]. Соответственно, чтобы аккумулировать и преобразовывать эти сведения в полезную информацию, необходимы инструменты интеллектуального анализа.

Методы мониторинга состояния, основанные на данных, анализируют измеряемые характеристики с помощью моделей машинного обучения, чтобы обнаружить аномальное пове-

дение судовых систем и обеспечить поддержку принятия решений. Основная цель моделей, управляемых данными, — как можно раньше идентифицировать наличие отклонений от номинальных условий эксплуатации в потоковых данных датчиков в режиме реального времени. Эти отклонения могут быть признаком приближающегося отказа системы [3, 4].

Технология диагностики неисправностей на основе машинного обучения является чувствительной, потенциально более дешевой и высокоэффективной альтернативой для выявления неисправностей двигателя по сравнению с регулярным ручным обслуживанием, таким как корректирующее и профилактическое. Кроме того, диагностическая модель на основе машинного обучения может быть точно настроена с помощью алгоритмов оптимизации и исторических данных для получения наилучшего результата.

В то же время важным вопросом при разработке системы мониторинга и диагностики рабочего поведения морских двигателей на основе машинного обучения является выбор подходящего алгоритма, который способен работать с различной информацией, с неопределенностью или несовершенством, а также строить отношения «многие ко многим» между получаемыми от датчиков данными и режимами износа.

Большинство современных систем диагностики двигателей в основном разрабатываются с использованием одного интеллектуального алгоритма. Однако



Рис. 1. Алгоритм использования машинного обучения в процессе мониторинга рабочего поведения морского двухтактного дизельного двигателя

у разных алгоритмов есть свои достоинства и недостатки. При этом надежность и отказоустойчивость модели мониторинга работы судовой системы весьма ограничены при использовании только одного алгоритма. Таким образом, заслуживает внимания вопрос о том, как использовать преимущества различных диагностических систем машинного обучения с помощью объединенного метода.

Различные алгоритмы машинного и глубокого обучения для автоматического обнаружения неисправностей компонентов судового двигателя на основе реконструкции без учителя рассматривают в своих трудах Д. О. Пушкарёв, Ю. В. Киселев, А. Г. Кузнецов, Zhijing Xu, Jiuyu Sun, Yuhao Huo, Qilin Xiao.

Над разработкой динамических линейных моделей сигналов многомерных датчиков с 1-минутной частотой судового дизель-генератора для прогнозирования распределения будущих сигналов трудятся С. В. Сальников, Е. М. Солодкий, Д. Д. Вишняков, Р. Ю. Юдин, Shi-Lu Dai, Min Wang, Cong Wang.

Вместе с тем, несмотря на имеющуюся на сегодня информацию, в данной предметной плоскости остается много нерешенных вопросов. В частности, отдельного внимания заслуживает проблема обучения кластерных алгоритмов на рабочих данных, чтобы определить об-

ласти, относящиеся к нормальным условиям эксплуатации, а затем проверить, входят ли новые полученные данные в эти кластеры.

Также в дальнейшем развитии нуждается подход, позволяющий преодолеть недостаток неточных и ошибочных данных для диагностики судовых двигателей, благодаря сбору сведений, созданных на основе моделей цифровых двойников.

Таким образом, цель статьи заключается в рассмотрении возможностей использования методов машинного обучения в мониторинге рабочего поведения судового двигателя. В качестве объекта исследования будет использоваться морской двухтактный дизельный двигатель.

Методы машинного обучения основаны на данных, поэтому для обучения и проверки моделей необходима стандартизация экспериментальных данных и аналитики процессов их обработки [5, 6]. Для исследования будем использовать алгоритм, представленный на рис. 1, состоящий из пяти основных этапов. Некоторые шаги состоят из подзадач, которые необходимо выполнить перед переходом к следующему шагу. Для создания и обучения модели интеллектуального анализа данных будет использоваться машина опорных векторов, машина экстремального обучения и глубокое обучение, которые способны прогнозировать

состояние двигателя на основе входных данных.

Идентификация состояния надежности судового двигателя и параметров его работы независимо от используемого метода обычно включает в себя расчет расстояния между точками в сформулированном пространстве [4]. Однако вычисление расстояния в функциональном пространстве может быть сложным и трудоемким, поэтому предлагаем заменить каждую временную характеристику ее значением, рассчитанным по следующим формулам:

$$[vs_i] = \int_{t_0}^{t_k} vs_i(t) dt \quad (1)$$

$$\langle vs_i \rangle = \frac{1}{t_k - t_0} \int_{t_0}^{t_k} vs_i(t) dt \quad (2)$$

$$E_{vs_i} = \int_{t_0}^{t_k} vs_i^2(t) dt \quad (3)$$

$$P_{vs_i} = \frac{1}{t_k - t_0} \int_{t_0}^{t_k} vs_i^2(t) dt \quad (4)$$

$$\overline{m_{vs_i}^1} = \int_{t_0}^{t_k} t \cdot vs_i(t) dt p(RS_i) \quad (5)$$

$$\overline{m_{vs_i}^2} = \int_{t_0}^{t_k} t^2 \cdot vs_i(t) dt \quad (6)$$

Таблица 1. Датчики, использованные в исследовании, и количество ненулевых измерений за тестовый период

Датчик	Ненулевые измерения
Температура окружающего воздуха	39 776
Температура в помещении двигателя	9931
Цилиндр — температура отработавших газов на выходе	39 498
Цилиндр — температура гильзы со стороны выхлопных газов	39 497
Температура гильзы со стороны насоса	39 497
Цилиндр — давление сжатия	39 776
Цилиндр — максимальное давление	39 776
Цилиндр — среднее индикаторное давление	17 974
Топливный индекс	39 776
Температура охлаждающей воды на выходе	39 776
Мощность главного двигателя	39 769
Часы работы главного двигателя	39 775
Число оборотов главного двигателя	39 776
Крутящий момент главного двигателя	39 769

Таблица 2. Серии испытаний с интервалами временных меток

Серия испытания	Настройка числа оборотов, мин ⁻¹	Количество экземпляров	%	Интервал времени
A	87	512	43,12	Май
B	86	3	0,27	Октябрь
C	87	23	1,24	Январь
D	90	209	20,47	Июль
E	89	24	1,08	Сентябрь
F	84	178	13,56	Август
G	74	316	20,16	Март
<i>D_{сум}</i>	—	1265	100	Декабрь

$$\overline{(t - m_{vsi})^1} = \int_{t_0}^{t_k} (t - \overline{m_{vsi}}) \cdot v_{si}(t) dt \quad (7)$$

$$\overline{(t - m_{vsi})^2} = \int_{t_0}^{t_k} (t - \overline{m_{vsi}})^2 \cdot v_{si}(t) dt \quad (8)$$

$$\overline{t_{vsi}^1} = \frac{\int_{t_0}^{t_k} t \cdot v_{si}(t) dt}{\int_{t_0}^{t_k} v_{si}(t) dt} \quad (9)$$

$$\overline{t_{vsi}^2} = \frac{\int_{t_0}^{t_k} t^2 \cdot v_{si}(t) dt}{\int_{t_0}^{t_k} v_{si}(t) dt} \quad (10)$$

$$\overline{(t - t_{vsi})^1} = \frac{\int_{t_0}^{t_k} (t - \overline{t_{vsi}}) \cdot v_{si}(t) dt}{\int_{t_0}^{t_k} v_{si}(t) dt} \quad (11)$$

$$\overline{(t - t_{vsi})^2} = \frac{\int_{t_0}^{t_k} (t - \overline{t_{vsi}})^2 \cdot v_{si}(t) dt}{\int_{t_0}^{t_k} v_{si}(t) dt} \quad (12)$$

$$\overline{t_{vsi^2}^1} = \frac{\int_{t_0}^{t_k} t \cdot v_{si}^2(t) dt}{\int_{t_0}^{t_k} v_{si}^2(t) dt} \quad (13)$$

$$\sigma_{vsi^2}^2 = \frac{\int_{t_0}^{t_k} (t - \overline{t_{vsi^2}})^2 \cdot v_{si}^2(t) dt}{\int_{t_0}^{t_k} v_{si}^2(t) dt} \quad (14)$$

$$\Delta t_{vsi} = \frac{\int_{t_0}^{t_k} v_{si}(t) dt}{v_{si}(0)} \quad (15)$$

$$\Delta T_{vsi} = \sqrt{\frac{\int_{t_0}^{t_k} (t - \overline{t_{vsi^2}})^2 \cdot v_{si}^2(t) dt}{\int_{t_0}^{t_k} v_{si}^2(t) dt}} \quad (16)$$

- где — *i*-й зарегистрированный вибрационный или шумовой сигнал;
- t_0 — время начала сигнала v_s ;
- t_k — время окончания сигнала v_s ;
- 1 — интеграл сигнала;
- 2 — среднее значение сигнала;
- 3 — энергия сигнала;
- 4 — средняя мощность сигнала;
- 5 — простой момент первого порядка;
- 6 — простой момент второго порядка;
- 7 — центральный момент первого порядка;
- 8 — центральный момент второго порядка;
- 9 — нормированный простой момент первого порядка;
- 10 — нормированный простой момент второго порядка;
- 11 — нормированный центральный момент первого порядка;
- 12 — нормированный центральный момент второго порядка;

- 13 — абсцисса центра тяжести квадрата сигнала;
- 14 — дисперсия квадрата сигнала;
- 15 — эквивалентный диаметр сигнала;
- 16 — средняя ширина сигнала.

Характеристики являются основными параметрами, используемыми при анализе сигналов. Чтобы определить полезность заданной характеристики в процессе идентификации, можно рассчитать ее концентрацию. Характеристика считается концентрированной, если стандартное отклонение (s) значения характеристики (D) в группе временных рядов, зарегистрированных для одного и того же состояния надежности (DSG), составляет менее 15% от среднего значения:

$$\sigma_{D(DSG)} \leq \bar{D}(DSG) \cdot 0,15 \quad (17)$$

где $D(DSG)$ — характеристика сигнала; DSG — группа временных рядов, зарегистрированных для одного и того же состояния надежности.

Кроме того, предполагается, что:

- характеристика может быть использована для однозначной идентификации состояния надежности, если она удовлетворяет условию, описанному в формуле (18);
- характеристика может быть использована для однозначной идентификации типа состояния неспособности, если она удовлетворяет условию, описанному в формуле (19) для всех состояний неспособности.

$$\sigma_{D(DSG_{IA})} + \sigma_{D(DSG_A)} \leq |\bar{D}(DSG_{IA}) - \bar{D}(DSG_A)|, \quad (18)$$

где $D(DSG)$ — характеристика сигнала; DSG_{IA} — группа временных рядов, зарегистрированных для состояний неспособности; DSG_A — группа временных рядов, зарегистрированных для состояний способности.

$$\sigma_{D(DSG_{IA}^i)} + \sigma_{D(DSG_{IA}^j)} \leq |\bar{D}(DSG_{IA}^i) - \bar{D}(DSG_{IA}^j)|, \quad (19)$$

где $D(DSG)$ — характеристика сигнала; DSG_{IA}^i — группа временных рядов, зарегистрированных для i -го состояния неспособности.

Для проведения эксперимента использовались параметры и режимы работы судового двигателя Sulzer 6AL20/24. Данные о работе двигателя включают в себя 10-минутные усредненные журналы со 140 датчиков на борту судна. Датчики расположены в главном двигателе и периферийных

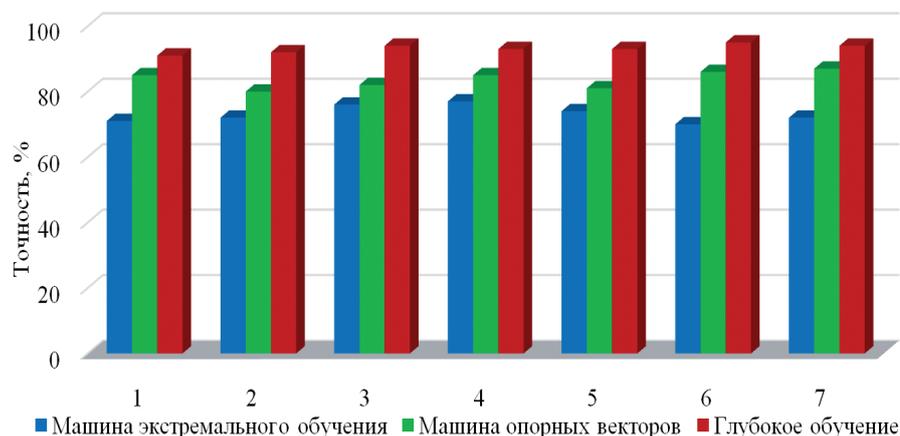


Рис. 2. Сравнение точности прогноза расхода топлива двигателем

системах. Они измеряют давление сжатия, максимальное давление и температуру выхлопных газов во время цикла сгорания, а также температуру гильзы как со стороны выхлопа, так и со стороны насоса гильзы цилиндра. Более детальная информация представлена в табл. 1.

В качестве выходной переменной в проводимом эксперименте был выбран расход топлива двигателя при трех настройках оборотов (табл. 2) и в различных режимах и погодных условиях, что позволило лучше отобразить стандартные сценарии морского путешествия.

Для обучения моделей использован программный инструментарий Weka и реализованные в нем оценки: RMSE, RAE. Итак, для оценки различных алгоритмов модель прогнозирования расхода топлива, основанная на глубоком обучении, сравнивается с экстремальной обучающей машиной и алгоритмом машины опорных векторов. Сравнивалась и анализировалась точность прогноза в процессе мониторинга рабочего поведения морского двухтактного дизельного двигателя (рис. 2).

Как видно на рис. 2, точность прогнозирования расхода топлива, полученная с помощью алгоритма глубокого обучения, составляет более 92 %, что значительно лучше, чем у других алгоритмов.

Окончательное решение о выборе подходящего алгоритма зависит от конечного использования, а именно меньшее количество переменных, необходимых для качественного предсказания, может быть преобладающим, особенно для моделей, которые работают с большим количеством экземпляров и большим объемом данных и требуют

большого времени обработки и более требовательных платформ [8–10].

И наоборот, если приоритетом является высокая точность предсказания, то выбор падает на алгоритм машины опорных векторов. Кроме того, на том же наборе данных можно создать модель с применением фильтра без контроля, основанного на интерквартильном интервале, для выявления выбросов и экстремальных значений (обнаружение аномалий). Эта модель позволит оценивать условия работы и распознавать необычные состояния двигателя или ранние ухудшения его функционирования.

Подводя итоги, отметим, что в данном исследовании модели машинного обучения на основе глубокого обучения машины опорных векторов и экстремального обучения использовались для мониторинга рабочего поведения морского двухтактного дизельного двигателя. Для оценки результативности и точности данных алгоритмов в процессе эксперимента использовался показатель расхода топлива. Полученные данные свидетельствуют, что наилучшую точность прогнозирования дает алгоритм глубокого обучения.

Предложенные в статье модели и подходы можно применять для диагностики работы судовых двигателей с целью достижения лучшего взаимодействия человека и компьютера, а также повышения эффективности и точности мониторинга функциональных характеристик различных частей и элементов судовых энергетических установок. ■

Источники

1. Мухамеджанов А. И., Хабибуллин И. И. Обзор методов машинного обучения

для прогнозирования технического состояния газотурбинных двигателей // Вестн. КГТУ им. А. Н. Туполева. 2023. Т. 79, № 3. С. 70–77.

2. Астреин В. В., Кондратьев С. И. О проблеме и задачах автоматического мониторинга в СППР безопасности судовождения // Эксплуатация морского транспорта. 2022. № 2 (103). С. 148–153.
3. Stoll A., Benner P. Machine learning for material characterization with an application for predicting mechanical properties // GAMM-Mitteilungen. 2021. Vol. 44, Iss. 1. P. 112–119.
4. Боран-Кешишьян А. Л., Астреин В. В., Кондратьев С. И. Формализация общей стратегии принятия решений для достижения комплексной безопасности судна // Морские интеллектуальные технологии. 2019. № 1–2 (43). С. 127–131.
5. Colone L., Dimitrov N. Predictive repair scheduling of wind turbine drivetrain components based on machine learning // Wind Energy. 2019. Vol. 22, Iss. 9. P. 45–52.
6. Епихин А. И., Кондратьев С. И., Хекерт Е. В. Применение нейронных сетей на базе многослойного перцептрона с использованием нечеткой логики для технической диагностики судовых технических средств // Эксплуатация морского транспорта. 2020. № 3 (96). С. 111–119.
7. Chengjin Qin, Yanrui Jin. Anti-noise diesel engine misfire diagnosis using a multi-scale CNN-LSTM neural network with denoising module // CAAI Transactions on Intel. Technol. 2023. Vol. 8, Iss. 3. P. 76–84.
8. Жуков В. А., Черный С. Г., Соболев А. С. Подход машинного обучения при прогнозировании состояния дизельного двигателя с использованием данных контроллера двигателя // Морская радиоэлектроника. 2022. № 4. С. 36–41.
9. Епихин А. И. Использование искусственной нейронной сети для определения уровня износа цилиндропоршневой группы судового двигателя // Морские интеллектуальные технологии. 2023. № 1–1 (59). С. 112–119.
10. Епихин А. И., Фадеев М. И., Васган И. Ю. Мониторинг и прогнозирование расхода топлива судами с помощью нейронных сетей // Эксплуатация морского транспорта. 2023. № 2 (107). С. 104–107.

Николай В. Исаин, руководитель проекта отдела стратегического развития АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (НИИАС),

Андрей Л. Охотников, заместитель начальника департамента информационно-технологий, начальник отдела стратегического развития АО «НИИАС»,

Александр В. Зажигалкин, д-р экон. наук, ректор ФГАОУ ДПО «Академия стандартизации, метрологии и сертификации».

Современные инструменты поддержки НИОКР (R&D) для инновационного развития транспортных компаний // Транспорт РФ. — 2024. — № 3 (112). — С. 5–7.

Выявлены важные направления развития инновационных процессов в части изменения предложений в сторону комплексных IT-решений, а также развития смежных рынков. Акцент сделан на государственной системе поддержки рынка R&D с выявлением базовых характеристик ключевых фондов, субсидирующих проведение НИОКР. Отмечается, что в России в транспортной отрасли одним из ключевых игроков выступает холдинг «РЖД». Для форсированного развития его цифровой трансформации предложен подход, учитывающий системный механизм привлечения внешних инвестиций на различных стадиях жизненного цикла инновационных проектов, в том числе в период проведения задельных научно-исследовательских работ.

Ключевые слова: финансирование НИОКР, R&D, гранты, субсидии, сквозные проекты, государственная поддержка, бизнес-модель, технологическое развитие, промышленность 4.0.

Контактная информация: a.ohotnikov@vniias.ru

Самир М. Микаилов, канд. юрид. наук, заместитель директора по научной работе Курганского института железнодорожного транспорта — филиала Уральского государственного университета путей сообщения.

Определение понятия и сущности категории «обеспечение железнодорожной безопасности» // Транспорт РФ. — 2024. — № 3 (112). — С. 8–9.

Проведен научный анализ имеющихся подходов к определению обеспечения безопасности в сфере функционирования железнодорожного транспорта. На этой основе предлагается к рассмотрению новая правовая категория «обеспечение железнодорожной безопасности». Потребность в разработке и внедрении в науку данного понятия аргументируется тем, что определение категории создаст не только платформу для проведения научных исследований в данной области, но и обеспечит базу для разработки эффективной стратегии и политики в области обеспечения железнодорожной безопасности.

Ключевые слова: безопасность, транспортная безопасность, железнодорожная безопасность, железнодорожный транспорт, обеспечение железнодорожной безопасности.

Контактная информация: smm45@mail.ru

Александр В. Романов, главный инженер ООО «НПО Квант», аспирант Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС),

Александр Н. Иванов, заместитель начальника службы охраны труда, промышленной безопасности и экологического контроля дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД», аспирант ПГУПС,

Алина В. Саидова, канд. техн. наук, доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» ПГУПС.

Интеллектуальная система повышения безопасности пешеходов при пересечении железной дороги // Транспорт РФ. — 2024. — № 3 (112). — С. 10–13.

Представлен обзор опыта внедрения технического зрения и искусственного интеллекта на основе обработки видеоданных в сфере транспортной отрасли и городского дорожного хозяйства. Рассмотрены назначение, технические характеристики, функциональность и результаты опытной эксплуатации пилотного

образца программно-аппаратного комплекса «Безопасность перехода через железнодорожные пути» (ПАК «СОКОЛ»), возможность его тиражирования и перспективы развития, а также экономический эффект от внедрения системы.

Ключевые слова: безопасность граждан, программно-аппаратный комплекс, нейронная сеть, всестороннее информирование, статистика.

Контактная информация: 7945720@rambler.ru

Юлия Г. Едигарева, канд. соц. наук, доцент кафедры международных отношений и геополитики транспорта Института международных транспортных коммуникаций Российского университета транспорта (РУТ(МИИТ)), директор Колледжа международных транспортных коммуникаций РУТ (МИИТ),

Виктор В. Фролов, аспирант кафедры экономики, организации производства и менеджмента Института экономики и финансов РУТ (МИИТ),

Владислав Б. Шириков, канд. филол. наук, доцент кафедры русского и иностранного языков Академии базовой подготовки РУТ (МИИТ).

Логистический пулинг: экономический эффект и правовые аспекты // Транспорт РФ. — 2024. — № 3 (112). — С. 14–18.

В качестве инновационного проекта изучен процесс пулинга. Рассмотрена технология его реализации, правовое регулирование взаимоотношений субъектов пулинга в транспортных перевозках. Исследование построено на методах сравнительно-правового анализа, систематизации экономических данных, построении логических выводов относительно экономической эффективности и целесообразности внедрения пулинга в сложившейся экономической ситуации в России.

Ключевые слова: транспортные перевозки, пулинг, правовое регулирование пулинга, логистика, цифровизация логистических процессов, экономическая эффективность, транспортные системы.

Контактная информация: ug7575@bk.ru

Татьяна П. Сацук, д-р экон. наук, профессор кафедры «Бухгалтерский учет и аудит» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС),

Светлана А. Жутяева, канд. экон. наук, доцент кафедры «Бухгалтерский учет и аудит» ПГУПС.

Анализ рынка по перевалке грузов в морских портах России // Транспорт РФ. — 2024. — № 3 (112). — С. 19–22.

Актуальность исследования обусловлена спецификой деятельности морских портов, от которых зависит развитие промышленного производства многих регионов страны. Проанализирована динамика перевалки грузов в морских портах России за период с 2020 по 2023 г. Дана оценка достижения промежуточных целевых индикаторов, запланированных в Стратегии развития морской портовой инфраструктуры РФ до 2030 г. Определены экономические и административные ограничения для входа на рынок.

Ключевые слова: морской транспорт, грузооборот порта, целевые индикаторы, барьеры для входа на рынок.

Контактная информация: zhutjaeva@rambler.ru

Фарид И. Хусаинов, канд. экон. наук, эксперт Института экономики и регулирования инфраструктурных отраслей Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».

Влияние средней дальности перевозки на потребный парк грузовых вагонов // Транспорт РФ. — 2024. — № 3 (112). — С. 23–25.

Описано влияние динамики показателя средней дальности перевозки на динамику потребного парка грузовых вагонов. Прослеживается влияние средней дальности на грузооборот, на показатель оборота грузового вагона рабочего парка. Показано, что рост

вагонного парка был естественной реакцией рынка на увеличение оборота вагона.

Ключевые слова: грузооборот, оборот вагона, вагонный парк, средняя дальность перевозок.

Контактная информация: f-husainov@yandex.ru

Виктор М. Бунеев, д-р экон. наук, профессор кафедры «Управление транспортным процессом» Сибирского государственного университета водного транспорта (СГУВТ),

Гульмира Ж. Игликова, аспирант СГУВТ,

Виктор Н. Попов, аспирант СГУВТ.

Некоторые аспекты взаимодействия видов транспорта и оптимизации маршрутов (на примере Сибири) // Транспорт РФ. — 2024. — № 3 (112). — С. 26–30.

Изложены результаты исследования проблем взаимодействия, координации и согласования различных видов транспорта при организации перевозок в смешанном сообщении и обоснование схем доставки грузов потребителю. В результате рекомендованы схемы завоза нефтепродуктов в пункты арктических рек Якутии через Якутский транспортный узел (Нижний Бестях) и экспорта кузбасского угля в Индию по Енисею с выходом по Севморпути в пункт назначения.

Ключевые слова: взаимодействие видов транспорта, северный завоз, экспортные перевозки, смешанное сообщение.

Контактная информация: g. z.iglikova@nsawt.ru

Дмитрий С. Конюхов, д-р техн. наук, руководитель отдела научно-технического сопровождения строительства АО «Мосинжпроект»,

Валерий В. Вязовой, директор программы проектов АО «Мосинжпроект»,

Роман А. Евтушенко, директор проекта АО «Мосинжпроект»,

Дарья С. Петунина, главный специалист АО «Мосинжпроект».

Научно-техническое сопровождение создания уникальных транспортных объектов (на примере Большой кольцевой линии Московского метрополитена) // Транспорт РФ. — 2024. — № 3 (112). — С. 31–36.

На примере трех станций Большой кольцевой линии Московского метрополитена, введенной в эксплуатацию в 2023 г. и пересекающей существующие радиальные линии, показано применение научно-технического сопровождения строительства, впервые введенного в нормативные документы по метрополитенам. Рассмотрены специально разработанные мероприятия с учетом прогнозируемого влияния строительства, технического состояния сооружений, способов строительства и инженерно-геологических условий строительства.

Ключевые слова: Большая кольцевая линия, геотехнические расчеты, математическое моделирование, метрополитен, научно-техническое сопровождение строительства, пересечение существующих и вновь сооружаемых линий.

Контактная информация: gidrotehnik@inbox.ru

Валерий С. Коссов, д-р техн. наук, генеральный директор АО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (ВНИКТИ),

Олег Г. Краснов, д-р техн. наук, заведующий отделом пути и специального подвижного состава отделения динамики, прочности и инфраструктуры АО «ВНИКТИ»,

Михаил Г. Акашев, канд. техн. наук, ведущий инженер АО «ВНИКТИ»,

Наталья М. Никонова, ведущий программист АО «ВНИКТИ».

Контактно-усталостные дефекты на поверхности катания внутренних рельсов в кривых малого радиуса // Транспорт РФ. — 2024. — № 3 (112). — С. 37–41.

Проведено моделирование для определения степени влияния на накопление контактно-усталостных дефектов таких факторов, как ширина колеи, подуклонка и использование профиля рельса UIC 60 на внутренней нити в кривых малого радиуса. Установлено, что для ширины колеи 1540 мм при наработке, близкой к 100 млн т брутто, частота повышенных контактных давлений возрастает, что способствует более быстрому накоплению повреждаемости рельса. Применение рельса с профилем UIC 60 вместо Р65 по ГОСТ 51685-22 несущественно влияет на возникающие в зоне контакта «колесо — рельс» нормальные давления и является неэффективным методом снижения скорости накопления контактно-усталостных дефектов на поверхности катания внутреннего рельса в кривых малого радиуса. Большие значения подуклонки способствует наиболее быстрому накоплению контактно-усталостных дефектов на поверхности рельса.

Ключевые слова: кривые малого радиуса, внутренний рельс, зона контакта, контактные давления, касательные напряжения, профиль рельса, ширина колеи, подуклонка.

Контактная информация: krasnov-og@vnikti.com

Петр А. Козлов, д-р техн. наук, президент ООО «Научно-производственный холдинг «СТРАТЕГ»,

Олег В. Осокин, д-р техн. наук, директор ООО «Аналитические и управляющие системы на транспорте «Транспортный алгоритм»,

Николай В. Якушев, канд. техн. наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой» Уральского государственного университета путей сообщения,

Ильдар С. Абдуллаев, канд. техн. наук, заместитель начальника Управления комплексной экспертизы проектов ОАО «РЖД».

Роль динамических резервов в построении транспортной инфраструктуры // Транспорт РФ. — 2024. — № 3 (112). — С. 42–45.

Nikolay V. Isain, Project Manager of the Strategic Development Department at JSC “Research and Design Institute for Informatization, Automation, and Communication in Railway Transport” (NIAS),

Andrey L. Okhotnikov, Deputy Head of the IT Department, Head of the Strategic Development Department at JSC “NIAS”,

Alexander V. Zazhigalkin, Doctor of Economics, Rector of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education “Academy of Standardization, Metrology, and Certification”.

Modern R&D Support Tools for the Innovative Development of Transport Companies // Transport RF. — 2024. — № 3 (112). — pp. 3–7.

Key areas for the development of innovative processes towards comprehensive IT solutions and the development of related markets have been identified. Emphasis is placed on the state support system for the R&D market, highlighting the basic characteristics of key funds subsidizing R&D activities. It is noted that in Russia, the transport industry is significantly influenced by the “RZD” holding. A proposed approach for the accelerated development of its digital transformation considers a systematic mechanism for attracting external investments at various stages of the innovation project’s lifecycle, including during preliminary research and development.

Keywords: R&D financing, grants, subsidies, cross-cutting projects, state support, business model, technological development, Industry 4.0.

Contact information: a.okhotnikov@vniias.ru

Samir M. Mikailov, Candidate of Legal Sciences, Deputy Director for Scientific Work at the Kurgan In-

stitute of Railway Transport — a branch of the Ural State University of Railway Transport.

Ключевые слова: грузопоголки, адаптивность, железнодорожный транспорт, математическая модель

Контактная информация: laureat_k@mail.ru

Анна М. Орлова, д-р техн. наук, заместитель генерального директора по научно-техническому развитию ПАО «Научно-производственная корпорация «Объединённая вагонная компания», генеральный директор ООО «Всесоюзный научно-исследовательский центр транспортных технологий» (ВНИЦТТ),

Екатерина А. Рудакова, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела комплексных исследований динамики взаимодействия экипажа и пути ООО «ВНИЦТТ»,

Артем В. Гусев, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ООО «ВНИЦТТ»,

Азамат Х. Юлдашев, аспирант Петербургского государственного университета путей сообщений Императора Александра I.

Оценка влияния собственных форм колебаний рамы и груза на показатели динамических качеств длиннобазных вагонов-платформ // Транспорт РФ. — 2024. — № 3 (112). — С. 46–49.

Применение вагонов-платформ с увеличенной базой (более 19 м) позволяет расширить номенклатуру перевозимых грузов, в том числе длинномерного ме-

cal characteristics, functionality, and results of the pilot operation of the “Safety at Railway Crossings” software and hardware complex (PAK “SOKOL”) are considered, including the possibility of scaling and development prospects, as well as the economic effect of the system’s implementation.

Definition and Essence of the Category “Railway Safety Assurance” // Transport RF. — 2024. — № 3 (112). — pp. 8–9.

A scientific analysis of existing approaches to defining safety assurance in the railway transport sector is conducted. Based on this, a new legal category “railway safety assurance” is proposed for consideration. The need to develop and introduce this concept into science is argued by its potential to create a platform for scientific research and provide a foundation for developing effective strategies and policies in railway safety.

Keywords: safety, transport safety, railway safety, railway transport, railway safety assurance.

Contact information: smm45@mail.ru

Alexander V. Romanov, Chief Engineer at LLC “NPO Kvant”, PhD student at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS),

Alexander N. Ivanov, Deputy Head of the Labor Protection, Industrial Safety and Environmental Control Service of the Infrastructure Directorate of JSC “RZD”, PhD student at PGUPS,

Alina V. Saidova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of “Wagons and Wagon Economy” at PGUPS.

Intelligent Pedestrian Safety System at Railway Crossings // Transport RF. — 2024. — № 3 (112). — pp. 10–15.

An overview of the implementation experience of technical vision and artificial intelligence based on video data processing in the transport sector and urban road management is presented. The purpose, techni-

talloпроката и контейнеров различных типов. В зависимости от специализации вагона на кузове может быть установлена дополнительная оснастка в виде вертикальных стоек и передвижных торцевых стен для крепления груза по длине рамы. В работе приведены результаты исследования методом компьютерного моделирования влияния степени загрузки платформы, расположения торцевых стен на раме вагона и собственных форм колебаний рамы и груза (в случае перевозки металлопроката) на показатели динамических качеств вагона.

Ключевые слова: вагон-платформа, номенклатура грузов, контейнер, рама вагона, динамические качества вагона.

Контактная информация: vsomov@uniwagon.com

Алексей И. Епихин, канд. техн. наук, начальник кафедры эксплуатации судовых энергетических установок Государственного морского университета (ГМУ) им. адм. Ф. Ф. Ушакова,

Сергей И. Кондратьев, д-р техн. наук, ректор ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова,

Евгений В. Хекерт, д-р техн. наук, проректор ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова.

Методы машинного обучения в мониторинге рабочего поведения морского двухтактного дизельного двигателя // Транспорт РФ. — 2024. — № 3 (112). — С. 50–53.

С непрерывным развитием интеллектуального судостроения все больше данных датчиков добавляется к диагностике работы судовых систем. Огромный массив информации и сложная среда эксплуатации судна выдвигают повышенные требования к мониторингу рабочего поведения двигателей. В связи с этим рассмотрены возможности использования методов машинного обучения для определения состояния работы энергетических установок судов.

Ключевые слова: машинное обучение, двигатель, алгоритм, данные.

Контактная информация: bsmbeton@mail.ru

Keywords: citizen safety, software and hardware complex, neural network, comprehensive information, statistics.

Contact information: 7945720@rambler.ru

Yulia G. Edigareva, Candidate of Social Sciences, Associate Professor of the Department of International Relations and Geopolitics of Transport at the Institute of International Transport Communications of the Russian University of Transport (RUT (MIIT)), Director of the College of International Transport Communications of RUT (MIIT),

Viktor V. Frolov, PhD student at the Department of Economics, Production Organization, and Management at the Institute of Economics and Finance of RUT (MIIT),

Vladislav B. Shirshikov, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor of the Department of Russian and Foreign Languages at the Academy of Basic Training of RUT (MIIT).

Logistic Pooling: Economic Effect and Legal Aspects // Transport RF. — 2024. — № 3 (112). — pp. 14–18.

As an innovative project, the pooling process is studied. The technology of its implementation and the legal regulation of pooling relationships in transport operations are examined. The study is based on comparative legal analysis, systematization of economic data, and the construction of logical conclusions regarding the economic efficiency and feasibility of

«Транспорт Российской Федерации» | 55

Abstracts

implementing pooling in the current economic situation in Russia.

Keywords: transport operations, pooling, legal regulation of pooling, logistics, digitization of logistics processes, economic efficiency, transport systems.

Contact information: ug7575@bk.ru

Tatyana P. Satsuk, Doctor of Economics, Professor of the Department of "Accounting and Audit" at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS),

Svetlana A. Zhutyayeva, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of "Accounting and Audit" at PGUPS.

Market Analysis of Cargo Handling in Russian Seaports // Transport RF. — 2024. — № 3 (112). — pp. 19–22.

The relevance of the research is due to the specifics of seaports' activities, which influence the industrial production development in many regions of the country. The dynamics of cargo handling in Russian seaports from 2020 to 2023 are analyzed. An assessment of achieving interim target indicators planned in the Strategy for the Development of Russia's Marine Port Infrastructure until 2030 is given. Economic and administrative barriers to market entry are identified.

Keywords: maritime transport, port cargo turnover, target indicators, market entry barriers.

Contact information: zhutjaeva@rambler.ru

Farid I. Khusainov, Candidate of Economic Sciences, Expert at the Institute of Economics and Regulation of Infrastructure Industries, National Research University "Higher School of Economics".

Impact of Average Transportation Distance on the Required Fleet of Freight Cars // Transport RF. — 2024. — № 3 (112). — pp. 23–25.

The impact of the dynamics of the average transportation distance indicator on the dynamics of the required fleet of freight cars is described. The influence of average transportation distance on cargo turnover and the turnover rate of freight cars in the operational fleet is traced. It is shown that the growth of the wagon fleet was a natural market response to the increase in wagon turnover.

Keywords: cargo turnover, wagon turnover, wagon fleet, average transportation distance.

Contact information: f-husainov@yandex.ru

Viktor M. Buneev, Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department of "Transport Process Management" at the Siberian State University of Water Transport (SGUVT),

Gulmira Zh. Iglıkova, PhD student at SGUVT,

Viktor N. Popov, PhD student at SGUVT.

Some Aspects of Transport Modes Interaction and Route Optimization (Using the Example of Siberia) // Transport RF. — 2024. — № 3 (112). — pp. 26–30.

The results of research on the problems of interaction, coordination, and synchronization of various transport modes in organizing multimodal transportation and the justification of cargo delivery schemes to consumers are presented. Schemes for delivering petroleum products to points along the Arctic rivers of Yakutia through the Yakutsk transport hub (Nizhny Bestyakh) and exporting Kuzbass coal to India via the Yenisei with an exit through the Northern Sea Route to the destination point are recommended.

Keywords: transport modes interaction, northern delivery, export transportation, multimodal communication.

Contact information: g.z.iglikova@nsawt.ru

Dmitry S. Konyukhov, Doctor of Technical Sciences, Head of the Scientific and Technical Support Department for Construction at JSC "Mosinjproekt",

Valery V. Vyazovoy, Program Director of Projects at JSC "Mosinjproekt",

Roman A. Evtushenko, Project Director at JSC "Mosinj-proekt",

Darya S. Petunina, Chief Specialist at JSC "Mosinjproekt".

Scientific and Technical Support for the Creation of Unique Transport Facilities (Using the Example of the Moscow Metro Big Circle Line) // Transport RF. — 2024. — № 3 (112). — pp. 31–36.

Using the example of three stations of the Moscow Metro Big Circle Line, put into operation in 2023 and intersecting existing radial lines, the application of scientific and technical support for construction, first introduced into the normative documents for subways, is shown. Specially developed measures are considered, taking into account the forecasted impact of construction, the technical condition of structures, construction methods, and engineering-geological conditions of construction.

Keywords: Big Circle Line, geotechnical calculations, mathematical modeling, metro, scientific and technical support for construction, intersection of existing and newly constructed lines.

Contact information: gidrotehnik@inbox.ru

Valery S. Kossov, Doctor of Technical Sciences, General Director of JSC "Scientific Research and Design-Technological Institute for Rolling Stock" (VNIKTI),

Oleg G. Krasnov, Doctor of Technical Sciences, Head of the Track and Special Rolling Stock Department of the Dynamics, Strength, and Infrastructure Division at JSC "VNIKTI",

Mikhail G. Akashev, Candidate of Technical Sciences, Lead Engineer at JSC "VNIKTI",

Natalya M. Nikonova, Lead Programmer at JSC "VNIKTI".

Contact Fatigue Defects on the Running Surface of Inner Rails in Small Radius Curves // Transport RF. — 2024. — № 3 (112). — pp. 37–41.

Modeling was conducted to determine the degree of influence on the accumulation of contact fatigue defects by factors such as track gauge width, cant, and the use of the UIC 60 rail profile on the inner track in small radius curves. It was found that for a gauge width of 1540 mm with usage close to 100 million gross tons, the frequency of increased contact pressures rises, contributing to faster rail damage accumulation. The application of the UIC 60 rail profile instead of the R65 according to GOST 51685-22 does not significantly affect the normal pressures in the "wheel-rail" contact area and is an ineffective method to reduce the rate of accumulation of contact fatigue defects on the running surface of the inner rail in small radius curves. Larger cant values contribute to the most rapid accumulation of contact fatigue defects on the rail surface.

Keywords: small radius curves, inner rail, contact zone, contact pressures, tangential stresses, rail profile, track gauge, cant.

Contact information: krasnov-og@vnikti.com

Pyotr A. Kozlov, Doctor of Technical Sciences, President of LLC "Scientific and Production Holding 'STRATEG'",

Oleg V. Osokin, Doctor of Technical Sciences, Director of LLC "Analytical and Control Systems in Transport "Transport Algorithm",

Nikolay V. Yakushev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "Operational Work Management" at the Ural State University of Railway Transport,

Ildar S. Abdullaev, Candidate of Technical Sciences, Deputy Head of the Project Comprehensive Expertise Department at JSC "RZD".

The Role of Dynamic Reserves in the Construction of Transport Infrastructure // Transport RF. — 2024. — № 3 (112). — pp. 42–45.

The problem of calculating structural reserves, which the consumer is forced to create due to uneven cargo flows, is considered. The interaction of producer, transport, and consumer is proposed to be viewed as a single system where rhythm coordination occurs. With synchronized flow supply, consumer structural reserves decrease. In this case, operational stability is ensured by adaptability. The reduction of necessary reserves without loss of stability is qualified as the emergence of dynamic reserves. A mathematical model for their calculation is proposed. The effect of dynamic reserves must be considered when constructing transport infrastructure.

Keywords: cargo flows, adaptability, railway transport, mathematical model.

Contact information: laureat_k@mail.ru

Anna M. Orlova, Doctor of Technical Sciences, Deputy General Director for Scientific and Technical Development of PJSC "United Wagon Company", General Director of LLC "All-Union Research Center for Transport Technologies" (VNICIT),

Ekaterina A. Rudakova, Candidate of Technical Sciences, Lead Researcher, Head of the Department of Comprehensive Studies of Crew and Track Interaction Dynamics at LLC "VNICIT",

Artem V. Gusev, Candidate of Technical Sciences, Lead Researcher at LLC "VNICIT",

Azamat Kh. Yuldashev, PhD student at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University.

Assessment of the Impact of the Own Vibration Modes of the Frame and Load on the Dynamic Characteristics of Long-Base Platform Cars // Transport RF. — 2024. — № 3 (112). — pp. 46–49.

The use of long-base platform cars (over 19 m) allows for the expansion of the range of transported goods, including long-length metal products and containers of various types. Depending on the wagon's specialization, additional equipment in the form of vertical posts and movable end walls for securing the cargo along the frame length may be installed on the body. The study presents the results of computer modeling to assess the impact of platform load degree, end wall placement on the wagon frame, and the own vibration modes of the frame and cargo (in case of transporting metal products) on the dynamic characteristics of the wagon.

Keywords: platform car, range of goods, container, wagon frame, dynamic characteristics of the wagon.

Contact information: vsomov@uniwagon.com

Alexey I. Epikhin, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Ship Power Plant Operation at the State Maritime University named after Admiral F. F. Ushakov,

Sergey I. Kondratiev, Doctor of Technical Sciences, Rector of the State Maritime University named after Admiral F. F. Ushakov,

Evgeny V. Heckert, Doctor of Technical Sciences, Vice-Rector of the State Maritime University named after Admiral F. F. Ushakov.

Machine Learning Methods in Monitoring the Operational Behavior of a Marine Two-Stroke Diesel Engine // Transport RF. — 2024. — № 3 (112). — pp. 50–53.

With the continuous development of intelligent shipbuilding, more sensor data is added to the diagnosis of ship systems. The vast amount of information and the complex operating environment of the vessel impose increased requirements on engine operation monitoring. In this regard, the possibilities of using machine learning methods to determine the operational state of ship power plants are considered.

Keywords: machine learning, engine, algorithm, data.

Contact information: bsmbeton@mail.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

Академия включает
48 РЕГИОНАЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ

ДАТА ОСНОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
ТРАНСПОРТА:

26 июня 1991 года



Президент Академии:

**А.Т.Н.
АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ МИШАРИН**

СОСТАВ АКАДЕМИИ В 2023 ГОДУ

> 680 УЧЕНЫХ-ТРАНСПОРТНИКОВ:

170 ДОКТОРОВ НАУК

510 КАНДИДАТОВ НАУК

260 ПОЧЕТНЫХ ЧЛЕНОВ РАТ



Общероссийская общественная организация

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА – В ЦИФРАХ

Членами
Академии
за 2021–2023 гг.:

ПРОВЕДЕНО **БОЛЕЕ 200** МЕРОПРИЯТИЙ
(В ТОМ ЧИСЛЕ ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦИЙ).

ОПУБЛИКОВАНО **БОЛЕЕ 1000** ПУБЛИКАЦИЙ
И МОНОГРАФИЙ В РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ ИЗДАНИЯХ.

БОЛЕЕ 9000 СПЕЦИАЛИСТАМ В ОБЛАСТИ ТРАНСПОРТА
И ТРАНСПОРТНОЙ НАУКИ РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА
ОПЛАТИЛА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ ПО АКТУАЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ ОБУЧЕНИЯ.

СИЛАМИ АКАДЕМИИ ВЫПОЛНЕНО
БОЛЕЕ 500 НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ.

ПРОВЕДЕНО 4 КРУПНЫХ ОБЩЕАКАДЕМИЧЕСКИХ
МЕРОПРИЯТИЯ, В Т. Ч. КОНФЕРЕНЦИЯ «РОЛЬ НАУКИ
В ОБЕСПЕЧЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ
ТРАНСПОРТА» В РАМКАХ XVI МЕЖДУНАРОДНОГО ФОРУМА
И ВЫСТАВКИ «ТРАНСПОРТ РОССИИ – 2022».

ПРИНЯТО 60 ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ЧЛЕНОВ,
СОЗДАНО 4 НОВЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЯ.
ТЕРРИТОРИЯ ПРИСУТСТВИЯ РАТ – **48 РЕГИОНОВ**.

САЙТ И НОВОСТНЫЕ ПОРТАЛЫ АКАДЕМИИ
ПОСЕЩАЕТ **БОЛЕЕ 3500** ЧЕЛОВЕК ЕЖЕДНЕВНО.



www.rosacademtrans.ru

info@rosacademtrans.ru