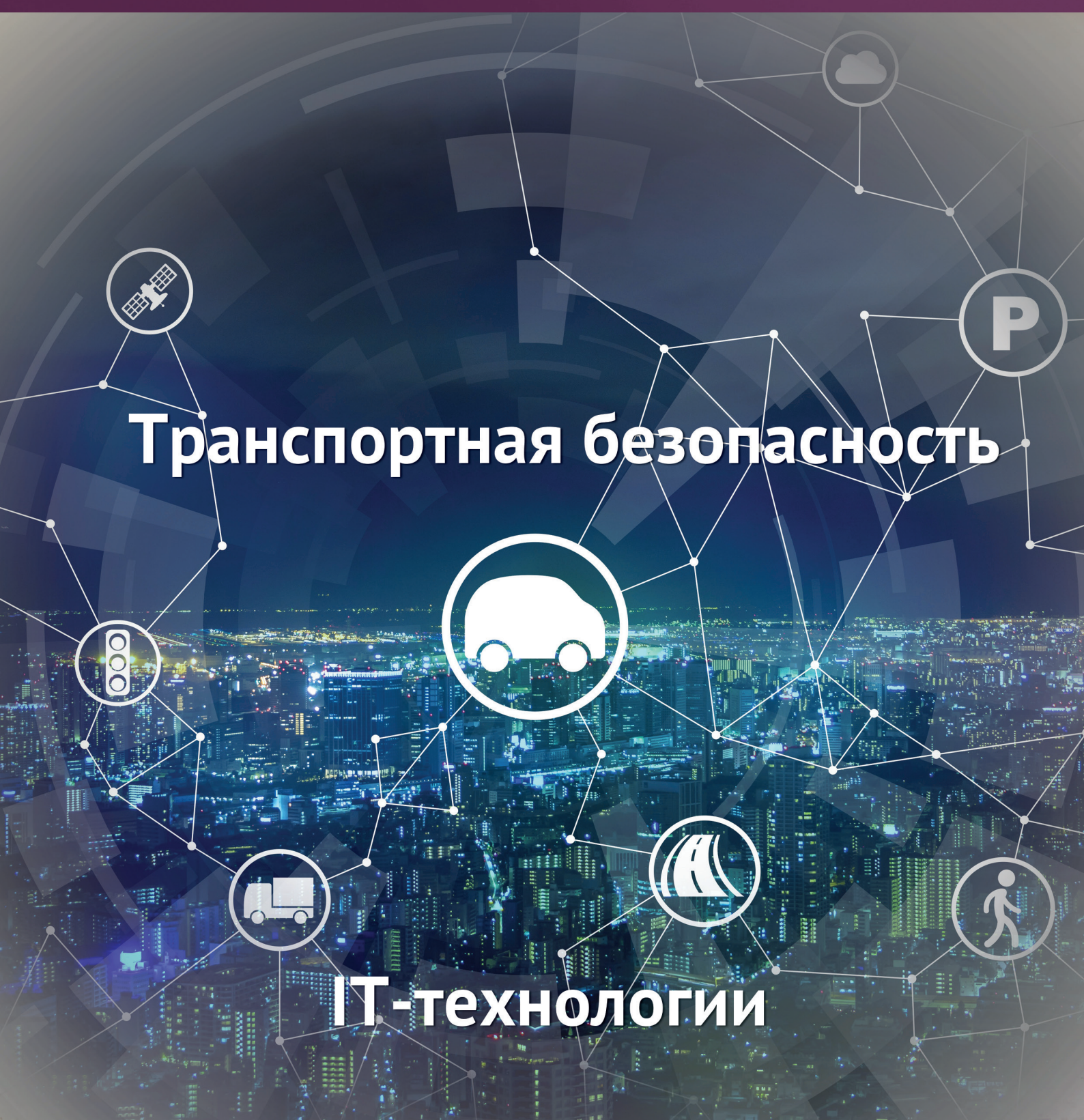


ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЖУРНАЛ О НАУКЕ, ЭКОНОМИКЕ, ПРАКТИКЕ



Транспортная безопасность

IT-технологии

Подписка

Подписка на журнал «Транспорт Российской Федерации» оформляется в любом отделении почтовой связи

- по объединенному каталогу «**Пресса России**»,
подписной индекс 15094,
- по электронному каталогу «**Почта России**»,
подписной индекс П1719

Подписаться на журнал через редакцию можно в течение года с любого месяца,

- выслав заявку **по факсу: (812) 310-40-97;**
- выслав заявку **по электронной почте: rt@rostransport.com;**
- или заполнив заявку **на сайте www.rostransport.com, раздел «Подписка».**



Подписку также
можно оформить
в агентствах:

«Книга-Сервис»

Тел.: (495) 680-90-88

<http://akc.ru>

«Урал-Пресс»

Тел.: (495) 789-86-36

«Почта России»

Тел.: (495) 956-20-67

<http://russianpost.ru>

**ГОСУДАРСТВО И ТРАНСПОРТ****Мачерет Д. А.**

Транспорт и модернизация: теоретические аспекты
взаимного влияния..... 3

Панычев А. Ю., Черняева В. А.

Конкурентоспособность транспортных университетов:
перспективы вхождения в международные рейтинги ... 9

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ**Мячин В. Н., Цибро С. В., Баскакова А. А.**

Особенности разработки системы транспортного
обслуживания удаленных территорий 16

Буянов А. С.

Методы оценки стоимости перевозки грузов
морским транспортом в условиях ограниченного
информационного обеспечения 22

БЕЗОПАСНОСТЬ**Куклев Е. А.**

Моделирование опасных сценариев событий
при эксплуатации транспортных систем в условиях
неопределенности ситуаций 28

Кравченко П. А., Олещенко Е. М., Доценко С. Н.

Алгоритмизация процессов функционирования
автомобильных автоматизированных систем
активной безопасности 33

Жанказиев С. В., Воробьев А. И., Якутов А. В.

Технологический конкурс как прототип полигонных
испытаний функциональной безопасности БАТС 37

ПЕРЕВОЗКИ И ЛОГИСТИКА**Батищев И. И., Можайская И. А.**

Актуальные проблемы развития грузоперевозящего
автотранспортного парка в РФ 40

Левин Д. Ю.

Логистика перевозочного процесса железных дорог 45

IT - ТЕХНОЛОГИИ**Ефанов Д. В., Осадчий Г. В., Аганов И. А.**

Барьерная функция систем мониторинга в увязке
с системами управления движением поездов 51

Бороненко Ю. П., Поляков Б. О., Белгородцева Т. М.

Определение аэродинамического сопротивления
грузовых поездов с инновационными полувагонами
на цифровых моделях 57

ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА**Краснов О. Г., Акашев М. Г., Никонова Н. М.**

Влияние величины непогашенного ускорения
на интенсивность износа рельсов 62

Аннотации 67**Abstracts 68**

Транспорт Российской Федерации

Журнал о науке, экономике, практике

Учредители

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

Издатель

ООО «Издательский дом Т-ПРЕССА»

При поддержке
Объединенного научного совета по междисциплинарным
проблемам транспортных систем РАН

Генеральный директор

Людмила Карпичева

Главный редактор

Олег Тимофеев

Заместитель главного редактора

Игорь Киселев

Научный редактор

Дмитрий Ефанов

Руководитель проекта

Марина Леонова

Арт-директор

Сергей Тюрин

Литературный редактор

Андрей Гурьев

Корректор

Анна Кузьмина

Референт

Людмила Филиппова

Переводчик

Дмитрий Иванов

Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС77- 34452 от 03.12.2008

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

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

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

Адрес редакции:

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

Редакция журнала не несет ответственности
за содержание рекламных материалов.

Установочный тираж 7 000 экз.

Подписано в печать 12.07.2021

Отпечатано:

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

Заказ №

Редакционный совет

Олерский В. А. — председатель редакционного совета
журнала

Нерадько А. В. — руководитель Федерального агентства воздуш-
ного транспорта

Ефимов В. Б. — президент Союза транспортников России

Мишарин А. С. — президент Российской академии транспорта

Гапанович В. А. — президент НП «ОПЖТ»

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

Редакционная коллегия

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

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

Ефанов Д. В. — заместитель ген. директора по научно-иссле-
довательской работе ООО НТЦ «Комплексные системы мони-
торинга», профессор Высшей школы транспорта Института
машиностроения, материалов и транспорта Санкт-Петербургско-
го политехнического университета Петра Великого, профессор
кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорож-
ном транспорте» Российского университета транспорта

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

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

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

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

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

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

Киселев И. П. — профессор кафедры «Строительство дорог транс-
портного комплекса» и кафедры «История, философия, политоло-
гия и социология» ПГУПС

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

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

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

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

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

Панычев А. Ю. — ректор ПГУПС

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

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

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

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

Транспорт и модернизация: теоретические аспекты взаимного влияния



Д. А. Мачерет,
д-р экон. наук, профессор,
первый заместитель
председателя Объединен-
ного ученого совета ОАО
«РЖД», профессор Россий-
ского университета тран-
спорта (РУТ (МИИТ))

Экономические и социальные вызовы времени, возникающие в ходе продолжения мировых модернизационных процессов, требуют соответствующих ответов на них транспорта. При этом масштабы вызовов определяют и глубину трансформации транспортной системы, необходимой для обеспечения простора дальнейшей модернизации экономики и общества в целом.

Всю историю человеческой цивилизации в широком смысле можно рассматривать как серию модернизационных «волн», позволявших преодолевать барьеры, сдерживающие социально-экономическое развитие. Транспорт уже с древнейших времен играл в этом ключевую роль [1–3].

В более узком смысле под модернизацией понимают переход от традиционного общества к современному, достигнутый благодаря индустриализации, начавшейся в конце XVIII века [4–6]. По мнению ряда ученых, модернизация в наиболее развитых странах завершилась к концу XX — началу XXI века, и начался период постмодернизации [7].

Другая позиция [8, 9], которую разделяет и автор, состоит в том, что процессы модернизации еще далеки от завершения, и нынешний этап глобального развития следует рассматривать в парадигме не постмодернизации, а углубления модернизации.

В этой связи интересна концепция китайского ученого Хэ Чуаньци [10, 6], суть которой заключается в том, что процесс модернизации делится на две стадии: первичную и вторичную. Основное содержание первичной модернизации состоит в переходе от аграрного общества к индустриальному, который помимо собственно индустриализации, основанной на использовании новых источников энергии [11], сопровождается урбанизацией, демократизацией и рационализацией, ростом общественного благосостояния, развитием науки и образования. Вторичная модернизация характеризуется повышением наукоемкости и интенсификацией информатизации, развитием глобализации и усилением внимания к экологическим вопросам,

повышением роли высшего образования. Она представляет собой переход от индустриального общества к обществу знаний, в котором ключевую роль играет экологизация. При этом вторичная модернизация выступает как продолжение и углубление первичной, а не переходом от модернизации к постмодернизации.

Целью данной статьи является теоретическое осмысление взаимного влияния развития транспорта и модернизационных процессов в ходе первичной и вторичной модернизации, а также выявление ключевых векторов развития транспорта в перспективе дальнейшего углубления модернизации.

Взаимовлияние транспорта и первичной модернизации

Индустриализация, с одной стороны, была подготовлена предшествующим развитием транспорта [3], с другой — она вызвала к жизни новый, современный транспорт [12, 13].

Прежде всего, начавшаяся в первой половине XIX века революция в сфере транспорта [12] способствовала развитию индустриальной экономики в большей степени, чем какие-либо иные технологические нововведения [14, 3]. Новые транспортные средства обеспечивали регулярное, быстрое и более дешевое перемещение гораздо больших объемов товаров. В результате расширились рынки сбыта и стимулировался рост масштабов производства, что является важнейшей предпосылкой внедрения инновационных технологий и удешевления производства.

Развитие индустриальной экономики, в свою очередь, способствовало созданию новых технических средств транспорта и транспортных технологий. Взаимосвязанные процессы модернизации транспорта и индустриализации экономики

Таблица 1. Изменение доли городских и пригородных пассажирских перевозок в России

Показатель	1995	2000	2005	2010	2015	2019
Доля перевозок пассажиров в городском и пригородном сообщении в совокупном объеме перевозок пассажиров транспортом общего пользования, %	98,8	97,3	82,0	71,9	69,8	72,7
Доля пассажирооборота в городском и пригородном сообщении в совокупном пассажирообороте транспорта общего пользования, %	62,1	60,5	43,2	30,9	25,9	22,4

Таблица 2. Динамика показателей, характеризующих пассажирские перевозки в России (% к 1995 году)

Показатель	1995	2000	2005	2010	2015	2019
Перевозки пассажиров транспортом общего пользования в городском и пригородном сообщении	100	98,1	55,6	35,7	30,0	29,2
Пассажирооборот транспорта общего пользования в городском и пригородном сообщении	100	87,2	59,6	43,6	39,9	41,5
Количество легковых автомобилей, находящихся в собственности граждан	100	139,3	176,2	238,4	309,2	338,2

впервые за всю историю человечества создали возможность одновременного динамичного роста населения и общественного благосостояния: за период с 1820 по 1913 гг. численность мирового населения возросла в 1,7 раза, а подушевой ВВП — в 2,3 раза [15]. Такие впечатляющие результаты были достигнуты при опережающем развитии транспортных мощностей. Суммарная грузоподъемность мирового торгового флота за указанный период возросла более чем в 29 раз [16], а протяженность мировой железнодорожной сети, которая в 1820 г. находилась на нулевой отметке, к 1913 г. превысила 1,1 млн км [17]. Это является показательной иллюстрацией действия закона опережающего развития транспортной инфраструктуры [18].

Другой ключевой элемент общественной модернизации — урбанизация [9, 19] — с самого начала, еще с глубокой древности, был неразрывно связан с развитием транспорта [20]. Но транспортные ограничения, существовавшие вплоть до XIX века, ограничивали и размер городов: за редким исключением невозможно было организовать подвоз продовольствия и топлива в количествах, необходимых для жизнеобеспечения крупного города, из отдаленных регионов. Поэтому даже к началу XIX века доля городского населения в мире незначительно превышала 5 % [21].

Появление парового транспорта резко ускорило урбанизацию: к началу XX века доля городского населения в мире составляла уже около 15 % [11], при этом жизнеобеспечение городов-миллионников перестало быть сверхсложной задачей.

Урбанизация также способствовала развитию транспорта благодаря концентрации и интенсификации транспортных

потоков, что повышало эффективность как междугородного, так и городского транспорта, и делало выгодным реализацию транспортных инноваций, включая принципиально новые виды транспортных средств и технологий.

Появление и развитие в XX веке новых видов внутригородского транспорта, основанных на использовании двигателей внутреннего сгорания или электричества, устранило ограничения на дальние внутригородские перемещения, что сделало возможным нормальное жизнеобеспечение городов с многомиллионным населением, расположенных на больших территориях, — мегаполисов и появление городских агломераций. В результате «рост городского населения приобрел взрывоподобный характер... Доля городского населения в населении мира уже к 1950 г. увеличилась до 30 %, к концу века приблизилась к половине и в первом десятилетии XXI века превысила половину населения Земли» [21, с. 249]. При этом рост городских агломераций, для которого транспортный фактор имеет особо важное значение [19, 22], происходил опережающими темпами. «В середине XX века в мире было всего 2 агломерации с населением свыше 10 млн человек, к концу века их число увеличилось до 18, а к 2015 г. — до 29. Всего же в 2015 г. в мире насчитывалась 501 агломерация с числом жителей 1 млн и более, в них было сосредоточено свыше 1,6 млрд человек, или около 41 % городского населения мира» [21, с. 250].

Следует отметить, что, хотя урбанизация и индустриализация были не просто параллельно развивающимися, а взаимосвязанными (в том числе через развитие транспортных систем) и усиливающими друг друга

процессами, в дальнейшем, в ходе вторичной модернизации, их динамика пошла в разных направлениях. Индустриальное общество стало трансформироваться в постиндустриальное, а доминирование промышленности, соответственно, сменилось доминированием сферы услуг — прежде всего в наиболее развитых странах мира. В то же время урбанизация является «сквозным» процессом модернизации общества, характерным как для ее первичной, так и для вторичной фазы.

В постиндустриальном обществе города по-прежнему являются главными генераторами инноваций и экономического роста [9, 11]. Показательно: на 300 крупнейших городов мира приходится около 20 % мирового населения и при этом около половины мирового ВВП [9].

Поэтому на этапе вторичной модернизации особо важное значение приобретает развитие инновационных транспортных средств и технологий, предназначенных для обслуживания городов [23, 24], в том числе для обеспечения скоростного и высокоскоростного транспортного сообщения как между мегаполисами и агломерациями, так и внутри них [25, 26].

Следует отметить, что и традиционные виды транспорта, в частности рельсовый, имеют тенденцию ускоренного развития в мегаполисах и агломерациях. Это характеризуется как долгосрочной высокой динамикой объемов перевозок [27], так и масштабами реализуемых инфраструктурных проектов, позволяющих предоставлять пассажирам более эффективные транспортные услуги [28].

В рамках рассматриваемой проблематики представляет интерес динамика городских и пригородных пассажирских перевозок транспортом общего пользования в РФ (табл. 1, 2) [29, 30].

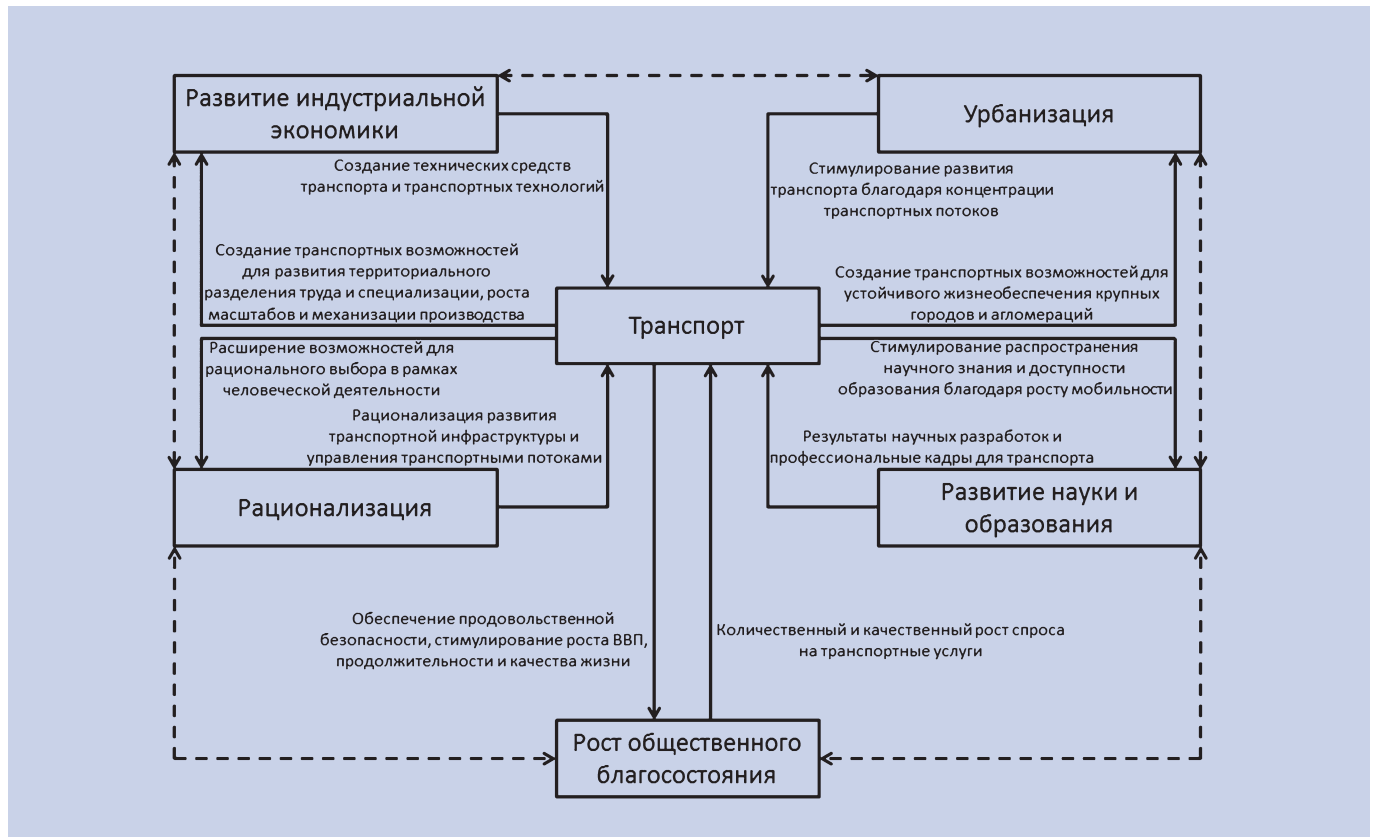


Рис. 1. Взаимное влияние транспорта и ключевых аспектов первичной модернизации

Как видно из данных таблиц, и абсолютные объемы городских и пригородных перевозок, и их доля в совокупных пассажирских перевозках, выполняемых транспортом общего пользования, на протяжении четвертьвекового периода существенно сократились. Однако произошедшее сокращение свидетельствует не о снижении значимости городских и агломерационных перевозок в нашей стране, а о произошедшем структурном сдвиге — от общественного к индивидуальному транспорту. Тренды снижения объемов перевозок пассажиров транспортом общего пользования в городском и пригородном сообщении и роста количества легковых автомобилей, находящихся в собственности граждан (табл. 2), практически зеркальны. При этом пассажирооборот транспорта общего пользования в городском и пригородном сообщении снизился в меньшей степени, чем объем перевозок пассажиров. Значит, возросла средняя дальность поездки транспортом общего пользования, что связано как с увеличением географических масштабов мегаполисов и агломераций и расстояний между местами жительства, работы людей и получения ими различных услуг, так и с сохранением за общественным транспортом более дальних поездок (трансгородских и трансагломерационных).

Примечательно, что в последние годы городские и пригородные перевозки пассажиров общественным транспортом стабилизировались, а соответствующий пассажирооборот даже возрос. При этом рост количества личного легкового автотранспорта замедлился. Все это свидетельствует о завершении структурного сдвига перевозок от общественного к личному транспорту и о необходимости в условиях сложившейся структуры перевозок обеспечивать не только дальнейший рост их объемов, но и улучшение качественных характеристик, прежде всего скорости, пунктуальности, безопасности и комфорта.

Также необходимо упомянуть и о взаимном влиянии развития транспорта и других отмеченных выше аспектов первичной модернизации. Развитие транспорта ликвидировало существовавшую веками привязанность большинства людей в течение всей жизни к месту своего рождения или ограниченному региону вокруг него [31]. Тем самым у них расширялись возможности для рационального выбора своего жизненного пути. В свою очередь, рациональный подход к принятию решений осуществлялся и на транспорте применительно к развитию транспортной инфраструктуры и управлению транспортными потоками.

Развитие транспорта способствовало также развитию науки и образования.

Не случайно, по одной из классификаций промышленных революций [32], вслед за транспортной революцией 1840–1890 гг., частично накладываясь на нее по времени, следовала научная революция 1860–1930 гг.

Аналогичное влияние развитие транспорта оказывало на повышение уровня образования. С одной стороны, транспорт обеспечивал географическую мобильность преподавателей и потенциальных учащихся. С другой — требовал не просто грамотных, но и высокообразованных рабочих и специалистов [33].

И, наконец, влияние транспорта на уровень благосостояния не исчерпывалось стимулированием роста подушевого ВВП, отмеченным выше. Благодаря повышению объемов, увеличению скорости и удешевлению перевозок продовольствия была значительно смягчена проблема голода. Это, наряду с улучшением доступа к медицинскому обслуживанию (в чем транспорт также играл существенную роль), способствовало повышению продолжительности и качества жизни [33]. Рост общественного благосостояния, в свою очередь, стимулировал количественный и качественный рост спроса на транспортные услуги.

В целом выполненный анализ позволяет сделать теоретическое обобщение взаимного влияния транспорта



Рис. 2. Взаимное влияние транспорта и ключевых аспектов вторичной модернизации

и ключевых характеристик первичной модернизации, которое схематично изображено на рис. 1. При этом указанные характеристики находились и в тесной взаимосвязи между собой: индустриализация опиралась на крупные города способствовала их росту; города были центрами науки и образования, развитие которых было необходимым условием индустриальной экономики и способствовало ее дальнейшему прогрессу; в свою очередь, наука и образование были основой рационализации человеческой деятельности; наконец, взаимодействие всех перечисленных характеристик обеспечивало рост общественного благосостояния.

Взаимовлияние транспорта и вторичной модернизации

Все основные аспекты вторичной модернизации также взаимосвязаны с развитием транспорта, которое в современных условиях выходит на качественно новый уровень на основе реализации инноваций [23–25]. Рост скорости транспортных сообщений, являющийся парадигмой современного транспорта, наряду с продолжающимся ростом провозной способности транспортных систем (тяжеловесные поезда, суда повышенного водоизмещения, авиалайнеры

повышенной пассажировместимости) делают возможным реализацию ключевой характеристики вторичной модернизации — развития глобализации экономики и межличностного взаимодействия.

Другая ключевая характеристика вторичной модернизации — экологизация экономики и человеческой жизнедеятельности в целом, — в свою очередь, опирается на парадигму «зеленого», экологичного транспорта [34–36]. Здесь следует отметить:

- последовательное сокращение удельных энергозатрат на перевозки;
- электрификацию, которая охватывает уже не только железнодорожный транспорт, но развивается также на автомобильном, водном и воздушном;
- использование нетрадиционных, экологически чистых источников энергии [11] и соответствующих тяговых двигателей, среди которых следует выделить использование водородных топливных элементов [37].

В полной мере в сфере транспорта проявляются такие характеристики вторичной модернизации, как рост наукоемкости, повышение роли высшего образования и переход к обществу знаний. Хорошая иллюстрация — транспортный комплекс РФ, где идет активное развитие

интеллектуальных транспортных систем [38, 39], осуществляется интеграция компетенций прикладной и фундаментальной науки в интересах инновационного развития транспорта [39], примером которой является деятельность Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». По оценкам автора, выполненным на основе данных Росстата, непосредственный вклад транспортного образования в валовую добавленную стоимость, формируемую транспортным комплексом страны, составляет около 9 %, а его сопутствующий (косвенный) вклад примерно вдвое превосходит эту величину.

Интеллектуализация и цифровизация транспортной отрасли в рамках формирования цифровой экономики являются проявлением такой важной характеристики вторичной модернизации, как интенсификация информатизации.

Следует отметить взаимное влияние характеристик современного транспорта и вторичной модернизации. Так, под воздействием глобализации экономики формируются глобальные транспортно-логистические системы и унифицируются стандарты транспортного обслуживания и перевозочных документов.

Экологизация экономики, одним из ключевых элементов которой явля-

ется декарбонизация, влияет на структуру грузовых перевозок, приводя к снижению доли ископаемого топлива и продуктов его переработки [35].

Рост наукоемкости способствует инновационному развитию транспорта, а развитие высшего образования облегчает транспортным организациям обеспечение потребностей в кадрах высшей квалификации и повышение ценности своего человеческого капитала.

И, наконец, информатизация, а в современных условиях — цифровизация — экономики открывает новые возможности для повышения эффективности деятельности транспорта начиная от взаимодействия с клиентами и партнерами, и заканчивая более экономичной организацией внутренних производственных процессов [40].

Теоретическое обобщение взаимного влияния транспорта и ключевых характеристик вторичной модернизации показано на рис. 2. Следует отметить, что различные аспекты вторичной модернизации, так же, как и первичной, находятся в тесной взаимосвязи друг с другом. Так, экологические проблемы рассматриваются как глобальные и решаются при активном международном взаимодействии. Рост наукоемкости опирается на повышение роли высшего образования в части как подготовки научных кадров, так и выполнения исследований в университетах. В свою очередь, одним из ключевых проявлений роста наукоемкости является интенсификация информатизации — цифровизация и интеллектуализация производственно-экономических систем, — развитие которой приобретает глобальный характер.

Перспективы развития транспорта в ходе углубления модернизации

XXI век — эпоха стремительных перемен, происходящих в ходе углубления и географического расширения модернизационных процессов, и транспорт должен не просто «идти в ногу со временем», а развиваться опережающими темпами [18], создавая условия для динамичного развития экономики и всех сторон многообразной человеческой деятельности.

Прежде всего, развитие транспорта должно отвечать на уже появляющиеся важнейшие социально-экономические вызовы [23]. Во-первых, нельзя допустить замедления экономического роста, что поставило бы под угрозу достигнутый уровень жизни и перспективу дальнейшего повышения общественного благо-

состояния. С точки зрения транспортного обеспечения для этого необходимо:

- удешевление перевозок массовых грузов и ускорение доставки высокоценных товаров;
- повышение надежности перевозок и гибкости обслуживания товаровладельцев в соответствии с их специфическими требованиями;
- повышение интероперабельности и соединенности транспортных систем, развитие мультимодальных перевозок;
- обеспечение противоэпидемической безопасности транспорта, получившее первостепенное значение в последнее время.

Вторым вызовом является ограниченность природных ресурсов и ясно обозначившиеся пределы дальнейшего повышения экологического давления. Ключевыми тенденциями углубления модернизации в этом контексте могут стать уже отмеченная выше декарбонизация экономики, а также формирование «экономики замкнутого цикла» [32], предполагающей максимизацию повторного использования переработанных материалов для выпуска готовой продукции и минимизацию использования сырья. На эти тенденции может наложиться расширение использования трехмерной печати в сочетании с экономикой совместного потребления [19]. Синергетическим эффектом от взаимного влияния перечисленных трендов станет не только снижение объемов перевозок сырья, доминирующих и в мировой, и в российской транспортной системе, но, возможно, и части готовой продукции, а также существенное изменение географии товаропотоков.

Реакцией на это должна стать системная трансформация не только транспортных технологий, но и самой идеологии перевозочной деятельности, которую необходимо рассматривать с позиций перемещения не грузовой массы, а воплощенной в товарах ценности, в результате которого она возрастает. Кроме того, должно быть усилено внимание к пассажирским перевозкам. Их развитие должно учитывать такие социальные вызовы, как межрегиональные диспропорции спроса и предложения рабочей силы, старение населения при стремлении к сохранению высокого уровня мобильности и др.

Также нужно упомянуть о стремлении к индивидуализации транспортных услуг (характерному, впрочем, и для потребления других услуг и товаров [19, 32]), которое базируется на вполне отчетливо проявившейся в ходе модернизации общества

тяге людей к приватности. Желание путешествовать приватно либо со знакомыми попутчиками отмечал еще Н. С. Лесков в одном из произведений, описывающих модернизирующееся российское общество второй половины XIX века. Ответом в данном случае могут стать новые виды индивидуального транспорта, включая наземные и воздушные беспилотные такси и индивидуализированные мультимодальные поездки, в которых разные виды транспорта «бесшовно», с использованием цифровых технологий, настраиваются на реализацию запроса конкретного пассажира.

Нельзя не остановиться и на выдвинутой П. Ханной [19] концепции будущего как глобальной сети крупных городов и агломераций, связанных между собой коммуникационными сетями и транспортными потоками. В такой перспективе ключевое значение будет иметь «бесшовное» сочетание внутриагломерационных и межагломерационных транспортных потоков, что потребует развития соответствующей инфраструктуры и технологий перевозок.

Проведенный анализ показал тесную взаимосвязь развития транспорта с общественной модернизацией как в ее первичной, так и во вторичной фазе. При этом первичной модернизацией самой отрасли можно считать создание современного транспорта эпохи промышленной революции, использовавшего энергию пара, с последующим переходом к двигателям внутреннего сгорания и электрификации, а вторичной — создание высокоскоростных, автоматизированных и экологических транспортных систем.

В настоящее время, когда развитие модернизационных процессов выходит на новый уровень, перед транспортом возникают серьезные вызовы, требующие не просто адаптации к переменам, а опережающего инновационного развития, которое бы стимулировало углубление модернизации во всех сферах человеческой деятельности. Решение этой задачи нуждается в проведении соответствующих исследований.

Результаты выполненного анализа теоретических аспектов взаимного влияния развития транспорта и модернизации могут стать отправной точкой для проведения эмпирических исследований с определением показателей модернизации транспорта, их взаимосвязей с показателями модернизации других сфер человеческой деятельности и — на этой основе — выявления этапов модерни-

зации транспорта, конкретных шагов и целевых показателей ее углубления на перспективу. 

Литература

1. Мачерет, Д. А. Влияние транспорта на социально-экономическое развитие // Экономика железных дорог. — 2003. — № 10. — С. 16–29.
2. Мачерет, Д. А. Социально-экономическая оценка транспорта на основе исторических сравнений // Мир транспорта. — 2016. — Т. 14. — № 1 (62). — С. 256–271.
3. Мачерет, Д. А. Транспортный фактор формирования эпохи современного экономического роста // Экономическая политика. — 2019. — Т. 14. — № 1. — С. 154–179.
4. Parsons T. The System of Modern Societies. — New Jersey : Prentice Hall, 1971. — 152 p.
5. Rostow W. W. Politics and the Stages of Growth. — London : Cambridge University Press, 1971. — 410 p.
6. Заостровцев, А. П. Полемика о модернизации: общая дорога или особые пути? — Санкт-Петербург : Издательство Европейского университета в Санкт-Петербурге, 2020. — 310 с.
7. Травин, Д. Я. Крутые горки XXI века: постмодернизация и проблемы России. — Санкт-Петербург: Издательство Европейского университета в Санкт-Петербурге, 2015. — 294 с.
8. Мартыянов, В. С. В поисках парадигмы позднего модерна // Научный ежегодник Института философии и права УрО РАН. — 2010. — № 10. — С. 135–148.
9. Мартыянов, В. С. Города и государства: в поисках новой стратегии взаимодействия // Общественные науки и современность. — 2019. — № 3. — С. 170–184.
10. He Ch. Modernization Science: The Principles and Methods of National Advancement. — Berlin, Heidelberg : Springer. — 2012. — 648 p.
11. Smil V. Energy and Civilization: A History. — Cambridge, MA : The MIT Press, 2017. — 564 p.
12. Rozenberg N., Birdzell L. E. How the West Grew Rich: The Economic Transformation of the Industrial World. — New York : Basic Books, 1986. — 353 p.
13. Мачерет, Д. А. Взаимное влияние институциональных и транспортных факторов экономического развития: ретроспективный анализ / Д. А. Мачерет, И. А. Епишкин // Journal of Institutional Studies. — 2017. — Т. 9. — № 4. — С. 80–100.
14. Cameron R. A. Concise Economic History of the World From Paleolithic Times to the Present — New York : Oxford University Press, 1993. — 496 p.
15. Maddison A. Contours of the World Economy 1–2030 AD. Essays in Macroeconomic History — Oxford : Oxford University Press, 2007. — 427 p.
16. Могилевкин, И. М. Транспорт и коммуникации: прошлое, настоящее, будущее. — Москва : Наука, 2005. — 357 с.
17. Сотников, Е. А. Железные дороги мира из XIX в XXI век. — Москва : Транспорт, 1993. — 200 с.
18. Мачерет, Д. А. О законе опережающего развития транспортной инфраструктуры // Экономика железных дорог. — 2018. — № 7. — С. 14–19.
19. Khanna P. Connectography: Mapping the Future of Global Civilization. — New York : Random House, 2016. — 496 p.
20. Мачерет, Д. А. Транспортный фактор в эпоху древних цивилизаций // Мир транспорта. — 2014. — Т. 12. — № 2 (51). — С. 230–241.
21. Вишневский, А. Г. Демографическая история и демографическая теория — Москва : Изд. дом Высшей школы экономики, 2019. — 368 с.
22. Токунова, Г. Ф. Транспортная инфраструктура как фактор пространственного развития агломераций // Транспорт Российской Федерации. — 2016. — № 6 (67). — С. 43–45.
23. Кудрявцева, А. В. Социально-экономические перспективы транспортных инноваций // Транспорт Российской Федерации. — 2017. — № 2 (69). — С. 34–39.
24. Мачерет, Д. А. Развитие транспорта в контексте социально-экономических проблем // Транспорт Российской Федерации — 2017. — № 4 (71). — С. 16–18.
25. Липидус, Б. М. Перспективная топология высокоскоростной транспортной системы с использованием вакуумно-левитационных технологий / Б. М. Липидус, Д. А. Мачерет // Транспорт Российской Федерации. — 2018. — № 1 (74). — С. 15–21.
26. Цыпин, П. Е. Воздушные пассажирские перевозки в мегаполисе как фактор развития его транспортной инфраструктуры / П. Е. Цыпин, А. Д. Разуваев, А. Ю. Ледней // Наука и образование: будущее и цели устойчивого развития : материалы XVI международной научной конференции. — Москва, 2020. — С. 622–629.
27. Мировой рельсовый транспорт — глобальные тенденции // Железные дороги мира. — 2017. — № 4. — С. 18–19.
28. Мачерет, Д. А. Развитие рельсового транспорта в мегаполисах / Д. А. Мачерет, Е. И. Анищенко // Экономика железных дорог. — 2021. — № 1. — С. 21–33.
29. Транспорт в России. 2009 : статистический сборник / Росстат. — Москва, 2009. — 215 с.
30. Транспорт в России. 2020 : статистический сборник / Росстат. — Москва, 2020. — 108 с.
31. Мачерет, Д. А. Социальное значение скорости транспортного сообщения // Мир транспорта. — 2017. — Т. 15. — № 3 (70). — С. 40–52.
32. March P. The New Industrial Revolution. Consumers, Globalization and the End of Mass Production — New Haven and London: Yale University Press, 2012. — 320 p.
33. Мачерет, Д. А. Экономические записки об отечественных железных дорогах // Отечественные записки. — 2013. — № 3 (54). — С. 162–178.
34. Экологически ориентированная транспортная система. — Москва : УМЦ ЖДТ, 2014. — 404 с.
35. Липидус, Б. М. Влияние экологической парадигмы на долгосрочное развитие железнодорожного транспорта / Б. М. Липидус, Д. А. Мачерет // Экономика железных дорог. — 2016. — № 9. — С. 12–24.
36. Мачерет, Д. А. «Экологический императив» и инновационное развитие транспорта / Д. А. Мачерет, А. В. Измайкова // Мир транспорта. — 2016. — Т. 14. — № 5 (66). — С. 20–31.
37. Липидус, Б. М. Повышение энергоэффективности и перспективы использования водородных топливных элементов на железнодорожном транспорте // Вестник ВНИИЖТ. — 2019. — Т. 78. — № 5. — С. 274–283.
38. Осьминин, А. Т. О разработке интеллектуальной системы управления перевозочным процессом // Железнодорожный транспорт. — 2021. — № 3. — С. 17–27.
39. Липидус, Б. М. Создание интеллектуальной интегрированной транспортной системы — прорывное инновационное решение // Железнодорожный транспорт. — 2020. — № 12. — С. 26–33.
40. Липидус, Б. М. О влиянии цифровизации и Индустрии 4.0 на перспективы развития железнодорожного транспорта // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». — 2018. — № 1. — С. 1–8.

Конкурентоспособность транспортных университетов: перспективы вхождения в международные рейтинги



А. Ю. Панычев,
канд. экон. наук, доцент,
ректор Петербургского
государственного универ-
ситета путей сообщения
Императора Александра I
(ПГУПС)



В. А. Черняева,
канд. техн. наук,
доцент, начальник
Управления качества,
лицензирования
и аккредитации ПГУПС

Несмотря на неоднозначное отношение в России к институциональным международным рейтингам вузов, они являются определенным инструментом оценки образовательных организаций. При этом расчеты показывают, что позиция в рейтинге тем выше, чем выше доход на одного студента и меньше соотношение «студент / преподаватель». Таким образом, транспортные вузы при сегодняшних показателях имеют невысокие шансы попадания в топ-500 лучших учебных заведений мира.

Повышение конкурентоспособности российского высшего образования уже давно является предметом пристального внимания органов власти всех уровней.

Национальные проекты «Образование» и «Наука» содержат государственные программы, направленные на решение этой задачи. В частности, к 2024 г. Россия должна войти в десятку стран-лидеров по присутствию вузов в топ-500 глобальных мировых рейтингов.

Стоит отметить, что реализованная ранее в рамках указа Президента РФ от 7 мая 2012 г. № 599 программа по по-

вышению конкурентоспособности российских университетов «Проект 5–100», в которой участвовал 21 вуз России (на что было потрачено за восемь лет 80 млрд руб.), не позволила к 2020 г. обеспечить вхождение пяти из них в топ-100 мировых рейтингов.

К авторитетным институциональным международным рейтингам относятся ARWU, THE и QS. ARWU (Academic Ranking of World Universities) — это академический рейтинг университетов мира. THE (The Times Higher Education World University Rankings) — рейтинг университетов мира. QS (Quacquarelli Symonds World University



ФОТО: СЕРГЕЙ ТЮРИН

Таблица 1. Позиции российских вузов в институциональных международных рейтингах по данным за 2019 г.

Вуз	Позиция в рейтинге			По данным мониторинга эффективности деятельности образовательных организаций высшего образования	
	ARWU	THE	QS	Доход на одного студента*, тыс. руб.	Соотношение «студент*/НПР**»
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова (МГУ)	93	189	84	699,643	4,4
Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ)	301–400	601–800	234	859,340	5,8
Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова (РНИМУ)	—	>1001	—	996,291	6,4
Национальный исследовательский Томский политехнический университет (НИТПУ)	—	601–801	387	632,262	7,1
Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (ННИГУ)	501–600	501–600	231	517,523	9,5
Южный федеральный университет (ЮФУ)	—	>1001	541–550	300,838	7,7
Московский государственный институт международных отношений (университет) (МГИМО)	—	—	366	513,884	7,8
Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет) (МФТИ)	401–500	201–250	302	1232,778	8,3
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (МИФИ)	701–800	401–500	329	1131,456	9,0
Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (ЮУГУ)	—	>1001	801–1000	316,610	9,1
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского (НИНГУ)	—	>1001	601–650	322,512	9,9
Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (ПМГМУ)	—	>1001	—	957,056	9,7
Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина (РГУ)	—	>1001	—	670,966	10,0
Уральский федеральный университет имени первого президента России Б. Н. Ельцина (УрФУ)	701–800	>1001	364	327,438	10,2
Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)	—	>1001	531–540	696,248	10,2
Уфимский государственный авиационный технический университет (УГАТУ)	—	>1001	—	244,181	10,3
Казанский (Приволжский) федеральный университет (КФУ)	901–1000	601–800	392	352,862	10,7
Сибирский федеральный университет (СФУ)	—	>1001	—	388,019	10,8
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет) (МГТУ)	—	801–1000	284	800,545	10,9
Воронежский государственный университет (ВГУ)	—	>1001	801–1000	186,384	11,5
Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ)	—	>1001	—	267,631	11,4
Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) (МАИ)	—	>1001	—	468,548	11,4
Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского (СНИГУ)	—	>1001	521–530	229,898	11,5
Национальный исследовательский Томский государственный университет (НИТГУ)	801–900	501–600	268	483,549	11,5
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) (ЛЭТИ)	—	>1001	—	330,415	11,5
Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова (РЭУ)	—	—	751–800	424,038	11,6
Башкирский государственный университет (БГУ)	—	>1001	—	223,336	11,7
Казанский национальный исследовательский технологический университет (КазНИТУ)	—	>1001	—	337,199	11,9

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева (СНИУ)	—	>1001	651–700	276,438	12,0
Санкт-Петербургский горный университет (СПГУ)	—	801–1000	—	571,339	12,1
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (ВШЭ)	801–900	251–300	322	657,767	12,2
Пермский государственный национальный исследовательский университет (ПГНИУ)	—	>1001	—	242,829	12,3
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (МИСиС)	901–1000	601–800	451	825,642	12,4
Белгородский государственный национальный исследовательский университет (БНИУ)	—	>1001	—	277,217	12,5
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)	—	501–600	439	459,917	12,6
Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ)	—	>1001	—	407,412	14,1
Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)	—	>1001	801–1000	239,139	14,1
Российский университет дружбы народов (РУДН)	—	801–1000	392	521,300	14,6
Национальный исследовательский университет ИТМО (ИТМО)	901–1000	401–500	436	597,729	15,9
МИРЭА — Российский технологический университет (МИРЭА)	—	>1001	—	306,017	16,2
Национальный исследовательский университет «МЭИ» (МЭИ)	—	>1001	—	487,985	16,9

Примечания: * — приведенный контингент студентов (бакалавриат, специалитет, магистратура), аспирантов; ** — количество научно-педагогических работников (профессорско-преподавательский состав, научные работники), приведенных к целочисленным значениям ставок.

Rankings) — всемирный рейтинг университетов.

Предполагается, что на смену «Проекту 5–100» придет программа стратегического академического лидерства «Приоритет-2030», правила отбора вузов и предоставления грантов по которой утверждены постановлением Правительства РФ от 13 мая 2021 г. № 729.

Методология рейтингов

Каждый упомянутый рейтинг имеет свою методологию расчета. Примечательно, что многие из них сочетают обработку достигнутых значений показателей и опросов экспертного сообщества. Отличается также и удельный вес показателей в общей оценке. Например, половина критериев QS основывается на опросах экспертов от работодателей и из академической среды. В несколько меньшей степени опросы используются в рейтинге THE. В то же время ARWU оперирует только расчетными значениями показателей. Каждый рейтинг определяет еще и входные (пороговые критерии), при достижении которых вуз может претендовать на включение в шорт-лист.

Например, в ARWU рассматриваются университеты, в которых есть выпускники или сотрудники — лауреаты Нобелевской или Филдсовской премий, высокоцитируемые исследователи, а также сотрудники, являющиеся авторами статей в журналах Nature и Science. Кроме того, в рейтинг включены университеты, имеющие значительное количество ста-

тей, индексируемых в Science Citation Index-Expanded (SCIE) и Social Science Citation Index (SSCI) [1].

Университет не включается в рейтинг мировых университетов THE, если результат его исследований составляет менее 1000 публикаций, проиндексируемых в базе данных Scopus за пятилетний период. Помимо этого, университет в год должен выпускать не менее 150 публикаций, и 80 % из них должны приходиться более чем на одну из 11 предметных областей [2].

Для того чтобы университет стал участником предметного рейтинга QS, он должен обладать определенными характеристиками:

- предлагать программы обучения по данной дисциплине для студентов;

- превысить минимальную требуемую оценку по индикаторам «академическая репутация» и «репутация работодателей»;

- превысить пятилетний минимальный порог по количеству публикаций по конкретной дисциплине (например, «Гражданское строительство» — 40, «Информатика и информационные технологии» — 140 и т. д.) [3].

Функции рейтингов и отношение к ним в России

В России пока остается достаточно критическое отношение к подобным рейтингам, хотя они все увереннее входят в нашу жизнь как определенный инструмент оценки образовательных организаций. Между тем субъектам рынка образовательных услуг, особенно в лице

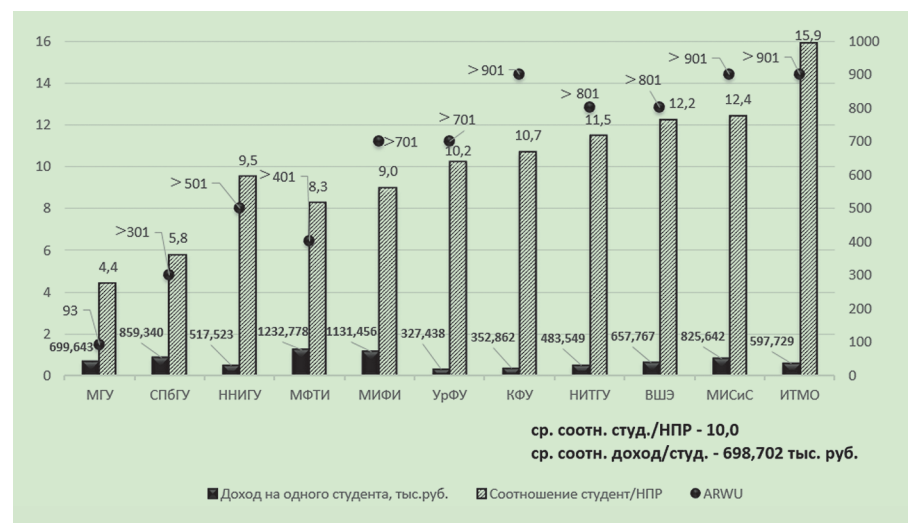


Рис. 1. Сравнительные данные российских вузов в институциональном международном рейтинге ARWU

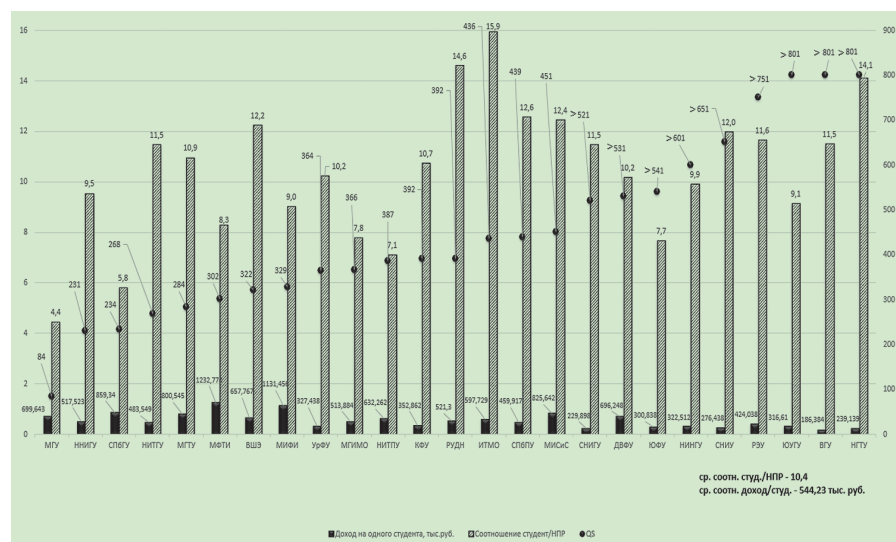


Рис. 2. Сравнительные данные российских вузов в институциональном международном рейтинге QS

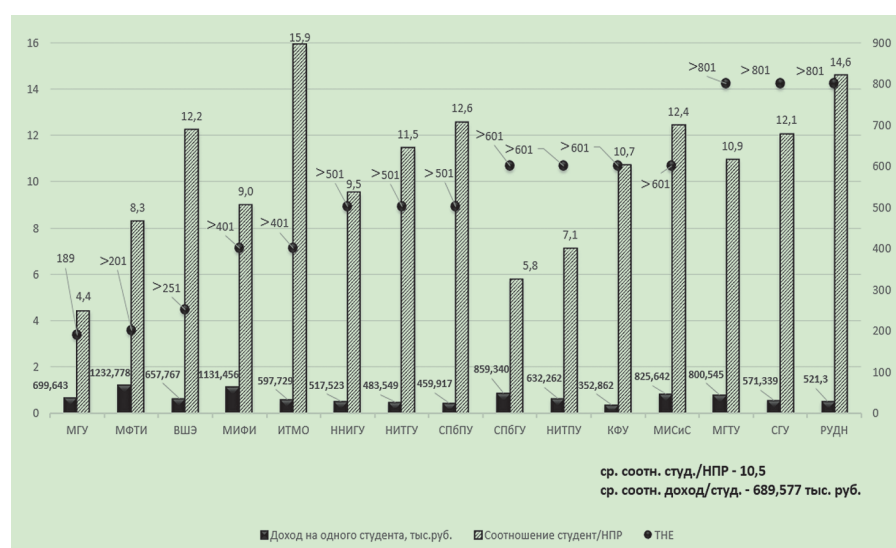


Рис. 3. Сравнительные данные российских вузов в институциональном международном рейтинге THE

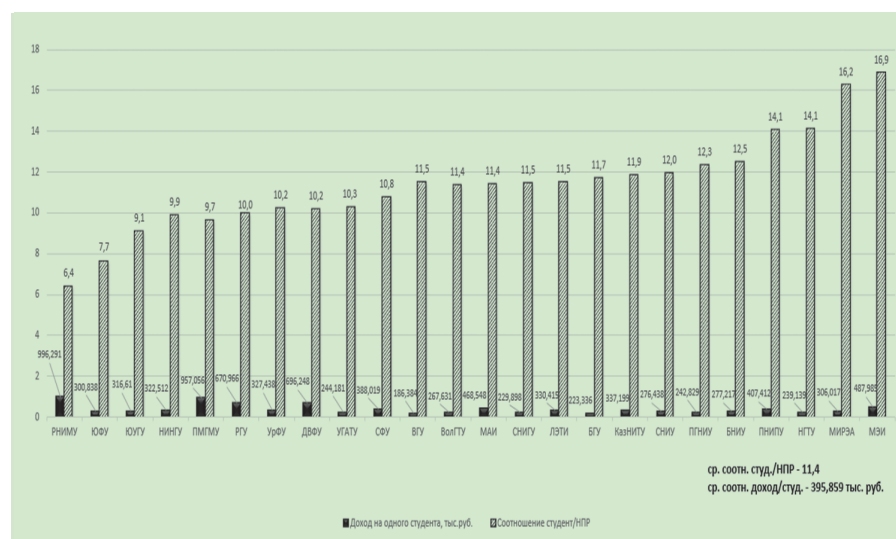


Рис. 4. Сравнительные данные российских вузов в институциональном международном рейтинге THE (позиция в рейтинге THE > 1001)

абитуриентов и их родителей, не просто разобраться в нюансах законодательства и показателях деятельности вузов, а уж тем более дать этому квалиметриче-

скую оценку. Поэтому разработчики рейтингов принимают на себя посредническую функцию, одновременно ориентируя учебные заведения на целесообразность

выхода на мировой рынок и престижность присутствия в верхних строчках списка.

При этом ряд авторов отмечают связь между доходами вузов и положением в рейтинге [4–6]. Другие критикуют увлечение рейтингами, следствием чего становится изменение приоритетов в деятельности университетов в ущерб качеству образования [7, 8]. Третьи говорят о коммерциализации услуг по продвижению в рейтингах, что снижает объективность и доверие к ним со стороны общества [9, 10].

В свою очередь, председатель Счетной палаты А. Л. Кудрин в своем письме от 29 июля 2020 г. заместителю председателя Правительства РФ Т. А. Голиковой, анализируя влияние соотношения «студент / преподаватель», прямо указывает, что «практика установления соотношения численности студентов из расчета 12 человек на одного работника профессорско-преподавательского состава формирует прямые ограничения для вхождения российских вузов в международные рейтинги». Иными словами, существующая в стране «дорожная карта» по соотношению «студент / преподаватель» работает против продвижения вузов в международных рейтингах. Этим же письмом обозначена проблема определения базовых нормативных затрат на оказание государственных услуг в сфере высшего образования, отраслевых корректирующих коэффициентов и в целом финансового обеспечения государственного задания.

Анализ результативности российских вузов

С учетом изложенного авторы статьи поставили задачу определить связь между положением российских вузов в упомянутых рейтингах и такими ключевыми показателями, как отношение дохода организации из всех источников в пересчете на одного студента и среднее соотношение количества студентов вуза на одного научно-педагогического работника (НПР).

В табл. 1 представлены университеты, входящие в мировые институциональные рейтинги по итогам 2019 г., а на рис. 1–4 — их соответствующие позиции и данные по двум показателям: доход из всех источников на одного студента и соотношение «студент / НПР».

Из 41 вуза, попавшего в рейтинги (ARWU-2020, QS-2020, THE-2020), шесть не относятся к университетам с особым статусом: федеральным, национальным исследовательским, глобальным (участники «Проекта 5–100») или опорным. В указанный перечень не входит ни один транспортный вуз.

Таблица 2. Сравнительные данные фактических и расчетных значений позиций российских вузов в институциональных международных рейтингах за 2019 г.

Вуз	ARWU			THE			QS		
	Позиция в рейтинге	Расчетные значения		Позиция в рейтинге	Расчетные значения		Позиция в рейтинге	Расчетные значения	
		Модель 1	Модель 2		Модель 1	Модель 2		Модель 1	Модель 2
МГУ	93	215	142	189	493	334	84	263	178
СПбГУ	301–400	308	227	601–800	462	381	234	232	202
РНИМУ	—	346	272	>1001	411	389	—	190	205
НИТПУ	—	421	327	601–801	650	510	387	360	279
ННИГУ	501–600	612	551	501–600	823	703	231	470	395
ЮФУ	—	484	376	>1001	864	736	541–550	512	428
МГИМО	—	479	384	—	747	598	366	426	333
МФТИ	401–500	473	427	201–250	359	439	302	140	229
МИФИ	701–800	534	494	401–500	448	487	329	200	257
ЮУГУ	—	594	513	>1001	920	831	801–1000	543	484
НИНГУ	—	652	592	>1001	951	880	601–650	561	514
ПМГМУ	—	594	560	>1001	577	552	—	290	296
РГУ	—	637	596	>1001	755	656	—	418	362
УрФУ	701–800	676	626	>1001	962	898	364	567	525
ДВФУ	—	650	617	>1001	749	656	531–540	412	361
УГАТУ	—	687	637	>1001	1013	1020	—	604	610
КФУ	901–1000	712	680	601–800	970	905	392	569	527
СФУ	—	714	687	>1001	952	874	—	556	505
МГТУ	—	701	701	801–1000	724	658	284	388	359
ВГУ	—	782	776	>1001	1100	1246	801–1000	659	765
ВолГТУ	—	767	757	>1001	1047	1064	—	621	634
МАИ	—	757	758	>1001	934	848	—	539	484
СНИГУ	—	776	769	1001	1073	1139	521–530	639	687
НИТГУ	801–900	761	765	501–600	928	840	268	534	478
ЛЭТИ	—	775	775	>1001	1018	987	—	599	579
РЭУ	—	777	785	—	970	897	751–800	563	516
БГУ	—	794	797	>1001	1087	1172	—	648	710
КазНИТУ	—	800	815	>1001	1030	1002	—	605	587
СНИУ	—	812	830	>1001	1069	1095	651–700	633	652
СГУ	—	800	835	801–1000	905	817	—	513	460
ВШЭ	801–900	808	856	251–300	863	781	322	481	435
ПГНИУ	—	841	875	>1001	1104	1182	—	656	713
МИСиС	901–1000	812	878	601–800	775	720	451	416	394
БНИУ	—	852	895	>1001	1092	1132	—	646	676
СПбПУ	—	845	900	501–600	990	924	439	572	530
ПНИПУ	—	963	1101	>1001	1088	1065	—	633	619
НГТУ	—	975	1110	>1001	1185	1327	801–1000	703	805
РУДН	—	995	1171	801–1000	1045	991	392	598	566
ИТМО	901–1000	1090	1362	401–500	1060	1005	436	600	570
МИРЭА	—	1134	1425	>1001	1242	1346	—	731	805
МЭИ	—	1169	1513	>1001	1165	1145	—	670	661

Таблица 3. Расчетные значения позиций транспортных вузов в международных институциональных рейтингах

Вуз	Позиция в рейтинге (расчетная)						По данным мониторинга эффективности деятельности образовательных организаций высшего образования (по данным за 2019 г.)	
	ARWU		THE		QS		Доход на одного студента*, тыс. руб.	Соотношение «студент*/НПР**»
	Мо-дель 1	Мо-дель 2	Мо-дель 1	Мо-дель 2	Мо-дель 1	Мо-дель 2		
Российский университет транспорта	1033	1233	1124	1113	653	648	415,23	15
Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I	693	656	938	854	548	492	390,74	10,5
Ростовский государственный университет путей сообщения	738	714	1019	1004	603	594	288,78	11
Дальневосточный государственный университет путей сообщения	769	761	1044	1054	619	627	275,33	11,4
Иркутский государственный университет путей сообщения	1027	1209	1197	1308	707	787	272,74	14,8
Самарский государственный университет путей сообщения	755	738	1046	1069	622	639	256,66	11,2
Уральский государственный университет путей сообщения	1037	1226	1229	1426	730	871	224,04	14,9
Сибирский государственный университет путей сообщения	863	911	1128	1248	672	758	222,44	12,6
Омский государственный университет путей сообщения	947	1057	1181	1357	703	829	214,27	13,7
Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова	848	894	1054	1038	619	609	343,09	12,5
Государственный морской университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова	1596	2511	1472	1597	857	951	380,84	22,4
Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского	699	676	863	760	491	428	538,06	10,7
Волжский государственный университет водного транспорта	798	828	922	835	525	472	536,68	12
Сибирский государственный университет водного транспорта	872	933	1085	1099	639	650	312,96	12,8
Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б. П. Бугаева	797	828	914	827	520	467	549,38	12
Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации	790	826	847	764	471	425	666,61	12
Московский государственный технический университет гражданской авиации	826	867	988	921	572	529	443,84	12,3

Примечания: * — приведенный контингент студентов (бакалавриат, специалитет, магистратура), аспирантов; ** — количество научно-педагогических работников (профессорско-преподавательский состав, научные работники), приведенных к целочисленным значениям ставок.

Авторы не располагают копиями заявок вузов в рейтинги, поэтому в качестве источника информации использовали данные мониторинга эффективности вузов за 2019 г. [11].

Доход на одного студента в вузах, прошедших в шорт-листы глобальных международных рейтингов, составляет 544,23 тыс. руб. (рейтинг QS), 698,70 тыс. руб. (ARWU), 689,58 тыс. руб. (THE). Для транспортных вузов (находящихся в ведении Минтранса или подведомственных ему агентств) данный показатель составляет 372,45 тыс. руб.

Среднее значение показателя, определяющего соотношение «студент / НПР»,

в вузах — участниках международных рейтингов составляет 10,4 (QS), 10,0 (ARWU) и 10,5 (THE), а также 11,4 (THE для вузов >1001). В транспортных вузах это соотношение составляет 13,0.

Определение влияния дохода на одного студента и соотношения «студент / НПР» на позиции российских вузов в институциональных международных рейтингах

Для определения влияния двух величин — доход на одного студента и соотношение «студент / НПР» — на позиции

российских вузов в институциональных международных рейтингах (табл. 1, рис. 1–4) построены зависимости в виде линейной аддитивной модели (1) и нелинейной мультипликативной модели (2):

$$y_1 = A + B \cdot x_1 + C \cdot x_2, \quad (1)$$

где y_1 — расчетная позиция вуза в рейтинге в случае применения линейной аддитивной модели (модель 1);

A, B, C — параметры модели;

x_1 — доход на одного студента, тыс. руб.;

x_2 — соотношение «студент / НПР».

$$y_2 = A \cdot x_1^B \cdot x_2^C, \quad (2)$$

где y_2 — расчетная позиция вуза в рейтинге в случае применения нелинейной мультипликативной модели (модель 2);

A, B, C — параметры модели;

x_1 — доход на одного студента, тыс. руб.;

x_2 — соотношение «студент / НПР».

Полученные расчетные значения позволяют сделать вывод о наличии связи между позицией вуза в рейтинге и доходом на одного студента, соотношением «студент / НПР».

Для рейтинга ARWU

Модель 1:

$$y_1 = -77,587 - 0,063 \cdot x_1 + 75,763 \cdot x_2$$

Множественный коэффициент корреляции — 0,901 (подтверждена статистическая значимость коэффициента корреляции на уровне $\alpha=0,01$, множественный коэффициент корреляции выше критического для соответствующего числа наблюдений).

По критерию Фишера связь можно считать существенной, корреляция очень высокая.

Модель 2:

$$y_2 = 10,789 \cdot x_1^{-0,01} \cdot x_2^{1,772}$$

Индекс множественной корреляции — 0,751 (подтверждена статистическая значимость индекса корреляции на уровне $\alpha=0,01$, индекс множественной корреляции выше критического для соответствующего числа наблюдений).

По критерию Фишера связь можно считать существенной, корреляция высокая.

Для рейтинга THE

Модель 1

$$y_1 = 695,651 - 0,572 \cdot x_1 + 44,404 \cdot x_2$$

Множественный коэффициент корреляции — 0,768 (подтверждена статистическая значимость коэффициента корреляции на уровне $\alpha=0,01$, множественный коэффициент корреляции выше критического для соответствующего числа наблюдений).

По критерию Фишера связь можно считать существенной, корреляция высокая.

Модель 2

$$y_2 = 1466,564 \cdot x_1^{-0,411} \cdot x_2^{0,813}$$

Индекс множественной корреляции — 0,745 (подтверждена статистическая значимость индекса корреляции на уровне $\alpha=0,01$, индекс множественной корреляции выше критического для соответствующего числа наблюдений).

По критерию Фишера связь можно считать существенной, корреляция высокая.

Для рейтинга QS

Модель 1:

$$y_1 = 440,937 - 0,417 \cdot x_1 + 25,683 \cdot x_2$$

Множественный коэффициент корреляции — 0,713 (подтверждена статистическая значимость коэффициента корреляции на уровне $\alpha=0,01$, множественный коэффициент корреляции выше критического для соответствующего числа наблюдений).

По критерию Фишера связь можно считать существенной, корреляция высокая.

Модель 2:

$$y_2 = 1233,57 \cdot x_1^{-0,49} \cdot x_2^{0,853}$$

Индекс множественной корреляции — 0,764 (подтверждена статистическая значимость индекса корреляции на уровне $\alpha=0,01$, индекс множественной корреляции выше критического для соответствующего числа наблюдений).

По критерию Фишера связь можно считать существенной, корреляция высокая.

Результаты моделирования приведены в *таблице 2*.

Таким образом, полученные значения коэффициентов корреляции позволяют сделать вывод о наличии высокой связи между переменными. Позиция в рейтинге тем выше, чем выше доход на одного студента и меньше соотношение «студент / НПР».

При этом самый высокий коэффициент корреляции в моделях зафиксирован для шанхайского рейтинга (ARWU), не использующего экспертный опрос.

В то же время по ряду университетов (например, МГУ, ВШЭ) экспертные оценки положительно сказываются на итоговом результате.

Моделирование позиций транспортных вузов в институциональных международных рейтингах

Результаты моделирования позиций транспортных вузов в институциональных международных рейтингах (в случае обеспечения входных критериев) представлены в *таблице 3*.

Таким образом, транспортные вузы при сегодняшней доходной базе и соотношении «студент / НПР» имеют невысокие шансы попадания в топ-500 лучших образовательных организаций мира.

При этом наиболее предпочтительными являются рейтинги THE и QS, однако они имеют достаточно высокие входные критерии по публикационной активности.

Учитывая методологию рейтингов THE и QS, транспортные университеты должны обеспечить положительное влияние экспертного сообщества на итоговый результат. ■

Литература

1. Методика академического рейтинга университетов мира ARWU 2020 года. Перевод ФГАНУ «Социоцентр».
2. Методология институционального рейтинга Times Higher Education 2020/2021 года. Перевод ФГАНУ «Социоцентр».
3. Методология предметного рейтинга QS World University Rankings 2021 года. Перевод ФГАНУ «Социоцентр».
4. Космин, А. Д. Гармонизация телеологических механизмов рынка и государства как условие социально-экономического прогресса / А. Д. Космин, Е. А. Космина. — Москва, 2017.
5. Донецкая, С. С. Реформирование высшего образования в Китае: современные итоги / С. С. Долецкая, Цзяньнань Цзи // Высшее образование в России. — 2018. — № 12.
6. Ендовицкий, Д. А. Конкурентоспособность российских университетов в глобальной системе высшего образования: количественный анализ / Д. А. Ендовицкий, В. В. Коротких, М. В. Воронова // Высшее образование в России. — 2020. — № 2.
7. Ehrenberg R. G. Econometric studies of higher education // Journal of Econometrics. — 2004. — Vol. 121. — № 1–2.
8. Sowter B., Reggio D., Hijazi S. QS World University Rankings // Research Analytics: Boosting University Productivity and Competitiveness through Scientometrics. — 2017.
9. Якорева, А. Проплаченные статьи и псевдоконференции: как вузы пытаются повысить свои рейтинги. — URL: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2019/09/09/810746-proplachennye-stati-i-psevdokonferentsii-kak-vuzi-pitayutsya-povysit-svoi-reitingi> (дата обращения: 5.07.2021 г.).
10. Черепанова, Ю. Незачет по заданию // Forbes. — 2021. — № 7 (208).
11. URL: <https://monitoring.miccedu.ru> (дата обращения: 5.07.2021 г.).

Особенности разработки системы транспортного обслуживания удаленных территорий



В. Н. Мячин,
д-р техн. наук, профессор,
генеральный директор
Научно-исследовательского
и проектного института
территориального
развития и транспортной
инфраструктуры
(ООО «НИПИ ТРТИ»)



С. В. Цибро,
первый заместитель
генерального директора —
руководитель департа-
мента социально-эконо-
мических исследований
ООО «НИПИ ТРТИ»



А. А. Баскакова,
канд. экон. наук, руко-
водитель проектного
направления экономики
транспорта
ООО «НИПИ ТРТИ»

В России все более актуальным становится вопрос развития месторождений полезных ископаемых в удаленных районах с низким уровнем транспортной доступности и рядом других ограничений. Рассмотрим эту проблему на примере Чукотского автономного округа и приведем основные управленческие решения при разработке оптимальной по затратам системы транспортного обслуживания.

Основные ограничивающие факторы удаленных территорий

Климатические и природно-географические условия развития. Чукотский автономный округ — самый северо-восточный субъект Российской Федерации, относится к Дальневосточному федеральному округу, граничит с Якутией на Западе, Магаданской областью и Камчатским краем на Востоке [1]. Вся территория округа относится к Арктической зоне России, здесь повсеместно распространена вечная мерзлота.

Регион характеризуется низкой плотностью населения (0,07 чел./кв. км) и наличием только трех населенных пунктов в статусе города (Анадырь, Певек, Билибино). На территории Чукотского АО расположено пять морских портов (Анадырь, Певек, Эгвекинот, Провидения, Беринговский), выполняющих основную коммуникационную роль в период навигации (рис. 1). Грузопоток в межнавигационный период на территории округа обеспечивается дорогостоящим воздушным путем.

В силу климатических факторов строительство автомобильных дорог в округе является сложным и дорогостоящим мероприятием. Обширная территория, значительная удаленность мест грузогенерации от ключевых транспортно-логистических узлов приводит к необходимости большого пробега автотранспорта и длительных рейсов, что в свою очередь также увеличивает транспортные расходы. Кроме того, низкая температура влияет на эксплуатационные затраты, в частности на расход топлива при перевозке.

Инфраструктурные ограничения.

Дорожная сеть Чукотского автономного округа характеризуется крайне низкой плотностью — 1,2 км дорог с твердым покрытием на 1000 кв. км территории при среднем значении в Дальневосточном федеральном округе 12 км на 1000 кв. км, а в РФ — 64 км на 1000 кв. км на 2019 г. [2]. При этом большая часть дорог — сезонно действующие.

Территориальные и муниципальные автомобильные дороги общего пользования Чукотского автономного округа подразделяются на:

- автомобильные дороги IV и V технической категории с переходным типом покрытия;
- автозимники с продленным сроком эксплуатации с низшим типом покрытия с шириной земляного полотна 6 м, со сроком эксплуатации 6–10 месяцев в году;
- автозимники со сроком эксплуатации 2–6 месяцев в году.

Особенностью региональной сети автомобильных дорог Чукотки является наличие внекатегорийных автомобильных дорог — усовершенствованных автозимников с продленным сроком эксплуатации. Их основная особенность — отсутст-



Рис. 1. Инфраструктура Чукотского автономного округа

вие мостовых сооружений с пересечением водных преград вброд.

Общая протяженность автомобильных дорог общего пользования регионального значения составляет чуть более 3 тыс. км [3]. Также на территории Чукотского автономного округа расположена автомобильная дорога федерального значения «Автомобильный подъезд до аэропорта от города Анадыря» (А-384) протяженностью 30,5 км, в том числе 7 км ледовой переправы через Анадырский лиман (рис. 2).

Сезонность. Климатические особенности региона определяют сезонность транспортировки грузов. Доставка и вывоз морем осуществляется по двум направлениям: северо-западному (из порта Архангельск) и восточному (из портов Приморского края и Китая). Основными узлами транспортных потоков на территории района являются города Певек, Билибино, Анадырь, где проживает большая часть населения и расположены основные перевалочные базы для грузов, доставляемых морским и воздушным транспортом.

Морские порты замерзающие, навигация осуществляется в летний период, с июля по октябрь. Организация расширенной и круглогодичной навигации возможна при наличии ледокольного флота. Вместе с тем сезонно-действующие автодороги функционируют только в зимний период.

В связи с сезонной неравномерностью доставки грузов существует необходимость их хранения в течение длительного периода времени. Эти ограничения приводят к необходимости строительства складской инфраструктуры, а также к имобилизации средств в запасах в связи с невозможностью круглогодичной отгрузки производимой продукции.

Ресурсные ограничения. Потенциальными пунктами грузогенерации и грузопотребления в регионе являются промышленные предприятия, в том числе по добыче полезных ископаемых. На территории Анадырской промышленной зоны разрабатывается Западно-Озерное газовое месторождение. Перспективным проектом развития Анадырской промышленной зоны является проект освоения месторождений Беринговского угольного бассейна (рис. 3).

В Чаун-Билибинской промышленной зоне предполагается развитие добычи золота и серебра, меди, молибдена, олова и вольфрама на существующих россыпных и рудных месторождениях, а также

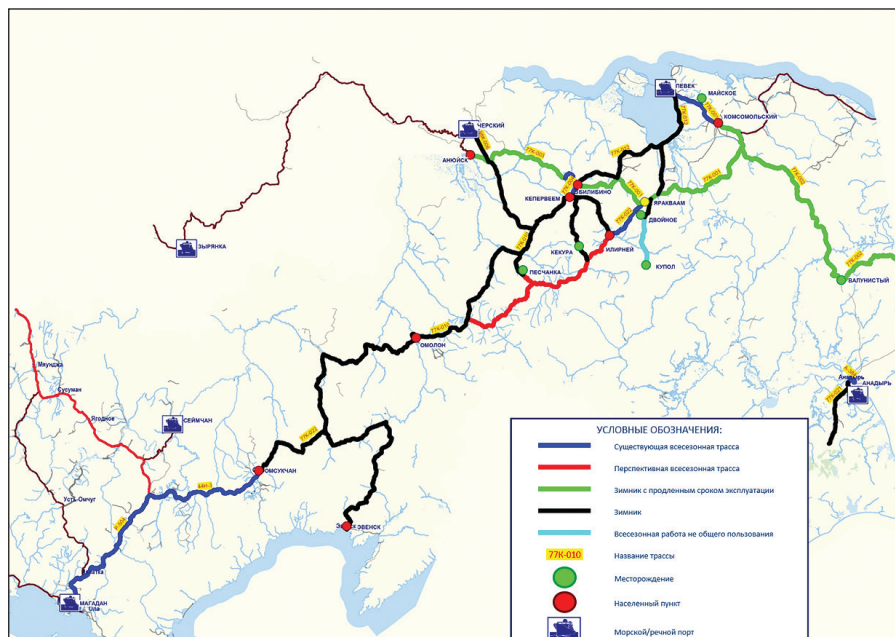


Рис. 2. Автомобильные дороги на территории Чукотского автономного округа

развитие новых. Основа кластера Чаун-Билибинской ТОР — золотодобывающие предприятия на разрабатываемых месторождениях Майское, Купол, Каральвеем, Двойное, на перспективных месторождениях Кекура и Клен, а также малые предприятия золотодобычи. Крупнейшим перспективным проектом развития Чаун-Билибинской промышленной зоны является разработка месторождений Баимской рудной зоны, в первую очередь золотосодержащего медно-порфирового месторождения Песчанка.

Численность населения региона на 1 января 2020 г. составляет 50,3 тыс. человек (наименьшая среди всех регионов России за исключением Ненецкого автономного округа). При этом ВРП на душу населения составляет 1,58 млн руб. в 2018 г. (шестое место среди регионов России) [2].

Численность рабочей силы — 31,1 тыс. чел. по итогам 2019 г. [4], что не может обеспечить работу предприятий добывающих отраслей, составляющих основу экономики региона. Поэтому при реализации проекта транспортировки грузов требуется принять во внимание вахтовый режим работы сотрудников. С учетом ограниченного количества населенных пунктов в регионе, значительных расстояний между ними и отсутствия действующей инфраструктуры автотранспортных предприятий возникает необходимость организовывать собственное автотранспортное предприятие, службу эксплуатации, вахтовый поселок для работников.

В табл. 1 представлены основные ограничивающие факторы удаленных территорий.

Основные управленческие решения при организации транспортного обслуживания

1. Выбор транспортного узла. Для любых удаленных регионов ключевым моментом принятия управленческих решений является вопрос подключения к крупному транспортному узлу для доставки продукции потребителям. В качестве подобного объекта могут выступать ближайшая железнодорожная станция, морской или речной порт.

Особенностью Чукотского АО является отсутствие железнодорожного сообщения и наличие только замерзающих морских портов. Необходимо делать выбор между использованием существующих портов с ограниченным сроком навигации, круглогодичным портом в другом регионе и строительством собственной портовой инфраструктуры.

2. Варианты маршрутов. В условиях инфраструктурных ограничений Чукотского АО выбор делается между вариантами доставки существующими автозимниками (срок работы — около 4 месяцев в году), существующими и проектируемыми автомобильными дорогами общего пользования (максимальная разрешенная масса транспортного средства — 44 тонны, срок использования — около 300 дней в году за счет ограничения работы в весенний и осенний период), проектируемыми дорогами необщего пользования (использование автотранспортных средств повышенной грузоподъемности, срок использования — около 300 дней в году), а также комбинированные варианты.

Таблица 1. Ограничивающие факторы удаленных территорий, влияющие на затраты

Категории затрат	Климатические и географические	Инфраструктурные	Ресурсные
Строительство транспортной, складской и сопутствующей инфраструктуры	— значительные расстояния, что требует больших затрат на строительство инфраструктуры; — наличие вечной мерзлоты, что приводит к удорожанию строительных работ.	— сезонность транспортировки за счет отсутствия круглогодичного морского и автомобильного сообщения; — ограниченное количество способов завоза необходимых материалов и техники; — необходимость строительства собственной транспортной инфраструктуры	— необходимость завоза материалов для строительства; — отсутствие необходимого количества трудовых ресурсов на месте; — необходимость строительства собственных ДЭУ, вахтового поселка в связи с отсутствием в зоне тяготения населенных пунктов и функционирующих предприятий сервиса.
Закупка и эксплуатация подвижного состава	— значительное количество подвижного состава, большой расход комплектующих за счет протяженности транспортировки и, соответственно, длительности кругорейса; — необходимость частой замены транспортных средств из-за пробега и тяжелых условий эксплуатации; — повышенный расход топлива за счет суровых климатических условий.	— необходимость предусматривать специальную комплектацию транспортных средств высокой проходимости, сверхнормативной загрузки; — высокая стоимость транспортных средств и комплектующих за счет сложности и высокой стоимости доставки.	— необходимость создавать собственное автотранспортное предприятие; — организация сервисного центра для обслуживания автотранспорта вблизи месторождения; — вахтовая работа персонала.

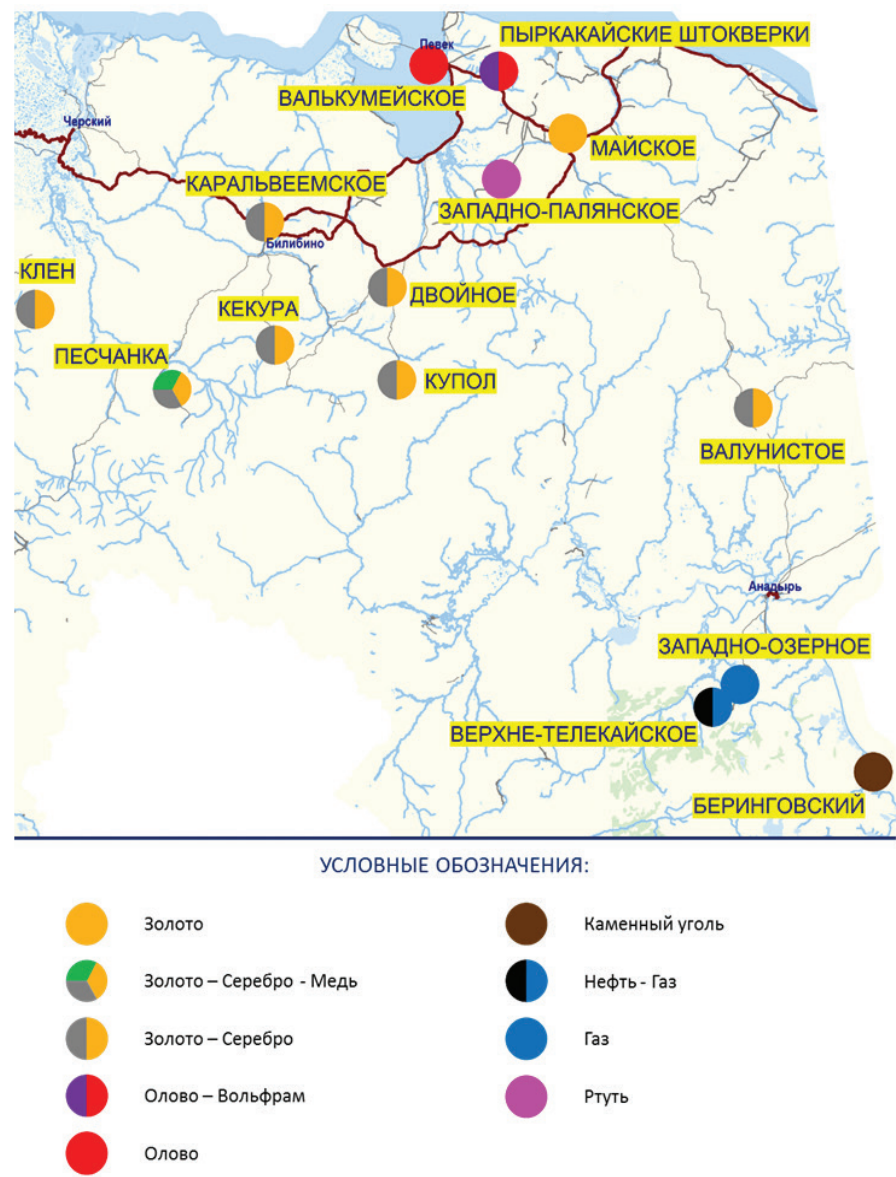


Рис. 3. Месторождения полезных ископаемых на территории Чукотского автономного округа

3. Реконструкция и строительство инфраструктуры. На данном этапе необходимо оценить текущие мощности и возможности реконструкции имеющейся портовой инфраструктуры для нужд проекта. Кроме того, требуется сделать выбор между использованием имеющейся автодорожной инфраструктуры общего пользования и строительством собственной автомобильной дороги необщего пользования. В соответствии с [5] общая масса транспортного средства с грузом, перемещающегося по дорогам общего пользования федерального или регионального значения, для автомобиля с шестью и более осями не должна превышать 44 т.

Вместе с тем с 17 января 2021 г. перестали применяться имевшиеся ранее ограничения на движение тяжелых и (или) крупногабаритных транспортных средств, перевозящих делимые грузы, если такие перевозки осуществляются по частным автомобильным дорогам [6]. Таким образом, при строительстве полностью изолированной от сети дорог общего пользования частной автодороги возможна перевозка по ней грузов с превышением максимальных ограничений по габаритам и массе транспортного средства.

Формально обязанности по содержанию и ремонту дорог ложатся на грузоотправителя только в случае строительства автодорог необщего пользования. Однако при условии коммерческой необходимости поддержания требуемых характеристик инфраструктуры

Таблица 2. Управленческие решения по развитию транспортного обслуживания удаленных территорий

Этапы реализации проекта	Управленческие решения	Виды издержек
Строительство и реконструкция транспортной и складской инфраструктуры	— выбор вариантов внешних транспортных узлов; — выбор вариантов маршрутов между месторождением и внешними транспортными узлами; — выбор между реконструкцией существующей инфраструктуры и строительством собственных инфраструктурных объектов; — выбор между сезонным использованием инфраструктуры с длительным межсезонным хранением и развитием круглогодичной доставки с соответствующим повышением затрат; — выбор места расположения и мощности складской инфраструктуры в зависимости от решения сезонной или круглогодичной доставки.	1. Капитальные затраты: — строительство и реконструкция автомобильных дорог общего или необщего пользования; — строительство или реконструкция портовой инфраструктуры; — строительство складской инфраструктуры. 2. Операционные затраты: — содержание, ремонт, капитальный ремонт автомобильных дорог.
Строительство сопутствующей инфраструктуры	— выбор мест строительства вахтового городка для водителей и административного персонала; — выбор места строительства и оснащение транспортного предприятия; — выбор количества, оснащения и местоположения дорожно-эксплуатационных участков (ДЭУ).	1. Капитальные затраты: — строительство вахтового городка, автотранспортного предприятия, ДЭУ. 2. Операционные затраты: — затраты на функционирование сопутствующей инфраструктуры (административные расходы, фонд оплаты труда, коммунальные расходы и расходы на услуги связи).
Закупка и эксплуатация подвижного состава	— выбор вариантов грузоподъемности подвижного состава (нормативная, сверхнормативная нагрузка); — выбор конфигурации транспортного средства.	1. Капитальные затраты: — закупка и обновление подвижного состава. 2. Операционные затраты: — автомобильное топливо, смазочные и прочие эксплуатационные материалы; — износ автомобильной резины; — техническое обслуживание и эксплуатационный ремонт автомобилей; — заработная плата и отчисления на социальное страхование водителей и административного персонала.

для вывоза груза стоимость содержания используемых автодорог общего пользования также может быть рассмотрена как расходы предприятия.

4. Сезонная и круглогодичная доставка. Равномерные круглогодичные поставки автомобильным и морским транспортом снижают интенсивность на автомобильной дороге, минимизируют необходимость фрахта значительного количества судов в короткий отрезок времени, минимизируют риски срыва поставки из-за ограничений, вызванных погодными условиями или нехваткой транспортных средств, улучшают показатели надежности поставщика. Однако они требуют значительных затрат на организацию все-сезонного транспортного сообщения, а также ледокольной проводки судов.

В качестве альтернативы возможен вариант с хранением грузов в межнавигационный период. Этот вариант требует меньше затрат на инфраструктуру,

однако неравномерности поставки в течение года, высокая интенсивность в период действия зимников, необходимость вывезти груз в короткий срок увеличивают риски срыва поставок, а необходимость дополнительной перевалки повышает риски потери части груза.

5. Строительство сопутствующей инфраструктуры. Неразвитость рынка услуг на территории региона потребует создания сопутствующей инфраструктуры для проживания персонала (вахтовые городки), собственной службы эксплуатации автодороги (дорожно-эксплуатационных участков, ДЭУ), собственного автотранспортного предприятия для вывоза грузов. Также станет необходимой организация ремонта и технического обслуживания автотранспорта на территории заказчика. Эти затраты необходимо включать в расчет при выборе оптимального варианта доставки грузов.

6. Подбор подвижного состава. Подвижной состав может быть разделен

по грузоподъемности на две категории: без превышения максимальной массы транспортного средства (44 тонны) грузоподъемностью 25–28 тонн и с превышением. Транспортные средства для перевозок с соблюдением ограничений достаточно распространены на рынке, поэтому капитальные затраты на их закупку и обслуживание, как правило, ниже, чем для вариантов сверхнормативной загрузки.

Использование автопоездов увеличенной загрузки существенно снижает потребность в транспортных средствах, однако закупка транспортных средств со сверхнормативной загрузкой и их эксплуатация может оказаться значительно дороже, и даже снижение потребности в транспортных средствах за счет сверхнормативной загрузки может не компенсировать повышенные расходы на закупку, содержание и эксплуатацию (табл. 2).

Таблица 3. Характеристика вариантов доставки груза

Категория	Автозимник	Автодорога V категории
Протяженность маршрута, км	220	200
Продолжительность работы, дней в году	120	300
Грузоподъемность ТС, тонн	60	25
Расходы на закупку подвижного состава и эксплуатацию автотранспорта, руб. на т/км	2,7	4,4
Расходы на содержание дороги, млн руб. на км в год	0,68	1,42
Расходы на ремонт дороги, млн руб. на км / периодичность	—	6,42 / 3 года
Расходы на капитальный ремонт дороги, млн руб. на км / периодичность	—	19,08 / 5 лет
Продолжительность межсезонного хранения грузов, месяцев в году	8	2

Таблица 4. Стоимость реализации вариантов доставки груза, млн руб. в ценах 2021 г.

Затраты	Вариант	2021	2022	2023	2024	2025	Сумма
Расходы на содержание и ремонт дороги	1	150	150	150	150	150	751
	2	285	285	1568	285	4100	6522
Расходы на перевозку автотранспортом	1	297	297	297	297	297	1485
	2	440	440	440	440	440	2200
Имобилизация средств в запасах	1	1667	1667	1667	1667	1667	8333
	2	417	417	417	417	417	2083
Всего затраты не дисконтированные	1	2114	2114	2114	2114	2114	10570
	2	1141	1141	2425	1141	4957	10806
Коэффициент дисконтирования	—	1	0,90	0,82	0,74	0,67	—
Суммарные приведенные затраты (NPV)	1	2114	1909	1724	1557	1407	8712
	2	1141	1031	1978	841	3298	8289

Многокритериальная оценка вариантов доставки грузов с учетом расходов на развитие инфраструктуры

Для принятия решения об оптимальном варианте доставки груза от места грузогенерации до внешнего транспортного узла необходимо принять во внимание три вида затрат: капитальные, эксплуатационные и стоимость иммобилизации средств в запасах.

В качестве основных статей капитальных вложений при автомобильной перевозке груза можно принять:

- строительство участков автомобильных дорог, реконструкцию автодорог общего пользования;
- строительство и реконструкцию портовой инфраструктуры;
- затраты на строительство склада и на перегрузочное оборудование;
- строительство сопутствующей инфраструктуры (вахтового городка, ДЭУ, автотранспортного предприятия).

Эксплуатационные затраты включают в себя следующие статьи.

1. Расходы на содержание, ремонт и капитальный ремонт автомобильной дороги. Эти затраты можно рассчитать исходя из нормативной стоимости на 1 км дороги и периодичности, обозначенных в [7].

2. Затраты на закупку и обновление автопарка. Спецификой эксплуатации подвижного состава является значительный годовой пробег, а также использование автотранспорта в круглосуточном ежедневном режиме. Таким образом, с учетом нормы пробега подвижного состава до капитального ремонта порядка 1 млн км требуется регулярное обновление подвижного состава, поэтому данные затраты отнесены к эксплуатационным.

3. Расходы на перевозку автотранспортом: автомобильное топливо, смазочные и прочие эксплуатационные материалы, износ автомобильной резины, техническое обслуживание и эксплуатационный ремонт автомобилей, заработная плата и отчисления на социальное страхование водителей и административного персонала.

С учетом сезонности, подразумевающей длительное промежуточное хранение грузов, может быть рассчитана сумма средств, иммобилизованных в запасах исходя из альтернативного использования капитала под 5 % годовых в зависимости от длительности промежуточного хранения партий груза по месяцам.

Для оценки эффективности различных вариантов транспортного обслуживания может быть использован финансовый показатель «чистый дисконтированный доход, или чистая приведенная стоимость (ЧДД, NPV)», который определяется как стоимость чистых денежных поступлений за весь расчетный период, приведенная к начальному шагу с использованием метода дисконтирования. Для расчета NPV необходимо из суммарных дисконтированных денежных притоков за весь расчетный период вычесть суммарные дисконтированные денежные оттоки.

Таким образом, NPV характеризует превышение суммарных денежных поступлений над суммарными затратами для данного проекта и вычисляется по формуле:

$$NPV = \sum_{i=1}^{i=tr} Z_i \frac{1}{(1+E)^i} + \sum_{i=te}^{i=tr} D_i \frac{1}{(1+E)^i}$$

где t_r — продолжительность расчетного периода;
 t_e — период начала эксплуатации объекта;
 Z_i — денежные оттоки в i -й год реализации проекта;
 D_i — денежные притоки в i -й год реализации проекта;
 E — норма дисконта;
 i — год реализации проекта.

При сопоставлении разновременных затрат и поступлений используется принцип дисконтирования — изменения стоимости денег во времени. Он играет центральную роль в практике финансового и инвестиционного менеджмента и выражает необходимость учета фактора времени при осуществлении долговременных финансовых операций путем оценки и сравнения стоимости денег в начале финансирования проекта и при их возврате в виде будущих денежных поступлений. Распределение инвестиций во времени также является важным фактором, влияющим на эффективность проекта с точки зрения его участников.

Уровень инфляции определяется на основе анализа динамики индекса потребительских цен за последние годы в Чукотском автономном округе, а также документов социально-экономическо-

го планирования. Стоимость капитала определяется исходя из среднего уровня рентабельности предприятий Чукотского автономного округа, занятых добычей полезных ископаемых.

В случае оценки вариантов организации перевозок происходит оценка затратной составляющей хозяйственной деятельности предприятия. Таким образом, при отсутствии финансовых поступлений, то есть доходной составляющей, используется сравнение отрицательных значений NPV, определяемых как сумма приведенных значений капитальных и эксплуатационных затрат. Таким образом, критерием эффективности вариантов выступает минимальное значение приведенных затрат.

Например, рассмотрим выбор маршрута для перевозки 500 тыс. тонн груза в год при стоимости 1 т 0,1 млн руб. Перевозка может осуществляться двумя вариантами: транспортными средствами грузоподъемностью 60 тонн по автозимнику длиной 220 км со сроком эксплуатации 120 дней в году или транспортными средствами грузоподъемностью 25 тонн автодорогой общего пользования V категории длиной 200 км со сроком эксплуатации 300 дней в году (табл. 3).

Автозимник позволяет перевозить груз транспортными средствами большей грузоподъемности, что минимизирует парк и позволяет снизить эксплуатационные затраты на перевозку. Расходы на ежегодное строительство и содержание автозимника значительно ниже затрат на содержание автодороги с твердым покрытием, кроме того, нормативы [7] содержат требования к периодичности ремонта автодороги с твердым покрытием — раз в 3 года, капитального ремонта — раз в 5 лет. Таким образом, за 5-летний период потребуется провести один ремонт и один капитальный ремонт автодороги V категории.

Вместе с тем в случае перевозки груза зимником в течение 8 месяцев в году нет возможности отгружать товар морским транспортом, происходит иммобилизация средств в запасах. Аналогичное накопление для автодороги V категории происходит в течение 2 месяцев. В расчетах иммобилизация средств рассмотрена в затратной составляющей исходя из альтернативного использования капитала под 5 % годовых в зависимости от длительности промежуточного хранения партий груза по месяцам.

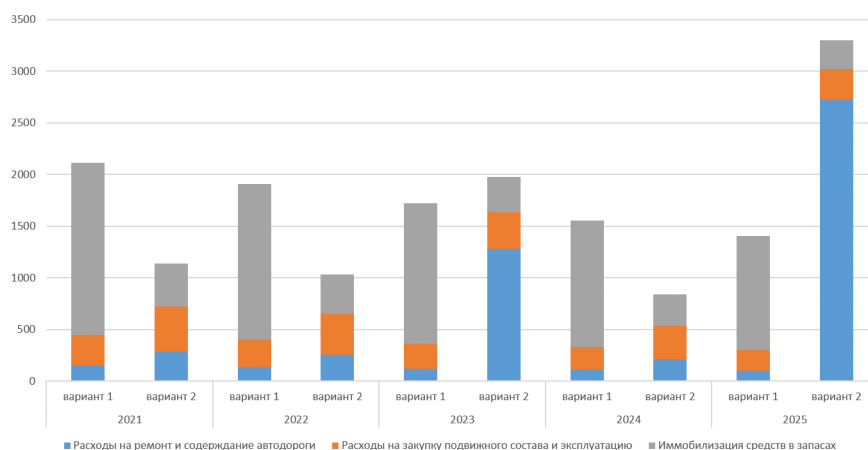


Рис. 4. Структура дисконтированных затрат на организацию транспортировки по вариантам маршрута, млн руб.

В табл. 4 представлено сравнение стоимости доставки грузов по вариантам за 5-летний период. Стоимость капитала для дисконтирования взята на уровне 10,72 % исходя из среднего уровня рентабельности предприятий Чукотского автономного округа, занятых добычей полезных ископаемых. При сравнении недисконтированных потоков преимущественным выглядит вариант с автозимником, однако дисконтирование позволяет более объективно взглянуть на стоимость реализации проекта исходя из будущей стоимости денег. При сравнении дисконтированных потоков более предпочтительным оказывается вариант с автодорогой V категории с твердым покрытием, поскольку она обеспечит стабильный вывоз груза в порт в течение 10 месяцев в году, что позволяет быстро и с высокой степенью надежности отгружать товар потребителям.

В результате анализа факторов, ограничивающих транспортное обслуживание удаленных территорий, предложены ситуации, которые необходимо учитывать при принятии управленческих решений.

Литература

1. Стратегия социально-экономического развития Чукотского автономного округа до 2030 года. — URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/6f420547cf9ff60f79133cec6d6ef495/191219_CHAO.pdf (дата обращения 15.06.2021).
2. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2020. — Федеральная служба государственной статистики. — URL: https://gks.ru/bgd/regl/b20_14p/Main.htm (дата обращения: 15.06.2021).

3. Об утверждении Перечня автомобильных дорог общего пользования регионального значения Чукотского автономного округа: постановление Правительства Чукотского автономного округа от 23 апреля 2012 года № 168. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/469501126> (дата обращения: 15.06.2021).
4. Чукотский автономный округ. Статистический ежегодник 2020. — Хабаровск: Хабаровскстат, 2020. — 148 с.
5. Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом и о внесении изменений в пункт 2.1.1 Правил дорожного движения Российской Федерации: постановление Правительства РФ от 21 декабря 2020 г. № 2200. — URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_371981/ (дата обращения: 15.06.2021).
6. Российская Федерация. Законы. Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон № 257-ФЗ. — URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72386/ (дата обращения: 15.06.2021).
7. Об утверждении нормативов финансовых затрат на содержание, капитальный ремонт и ремонт автомобильных дорог общего пользования регионального значения Чукотского автономного округа и правил их расчета: Постановление Правительства Чукотского автономного округа от 3 июня 2010 г. № 177. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/446124496> (дата обращения: 15.06.2021).

Методы оценки стоимости перевозки грузов морским транспортом в условиях ограниченного информационного обеспечения



А. С. Буянов,
канд. экон. наук, заместитель генерального директора по научной работе, развитию, экономике и экологии морского транспорта АО «Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота»

В условиях наблюдающегося сегодня сочетания глобализации мировой экономики с торговыми и санкционными «войнами» одной из приоритетных задач как для крупных корпораций, так и для государств в целом является снижение себестоимости перевозки грузов. При этом важным вопросом остается выбор оптимальных подходов к оценке расходов на перевозку.

По состоянию на начало 2021 г. объем морской мировой торговли достиг 11,5 млрд тонн. Основу перевозок грузов составляют углеводороды (нефть, нефтепродукты, газ) — 3,25 млрд тонн, контейнеры — 1,85 млрд тонн, навалочные грузы (уголь, руда, зерно) — 3,18 млрд тонн [1]. В проектах, где морской транспорт используется для доставки ресурсов или готовой продукции, доля транспортной составляющей в общей стоимости товара может достигать 30 % и выше.

Реализация крупных инвестиционных проектов (освоение новых месторождений природных ресурсов, выход на новые рынки сбыта готовой продукции и т. д.) проходит несколько этапов разработки с различной степенью детализации и достоверности (точности) расчетов.

В российской и зарубежной практике нет единого подхода в классификации стадий реализации проектов. Но с учетом большого объема иностранного капитала российские компании все больше склоняются к использованию зарубежных методологий.

Выделяют следующие этапы разработки проектов:

- возникновение бизнес-идеи;
- разработка концепции (Feasibility Studies and Conceptual Design);
- предпроектное проектирование (Front End Engineering Design — Pre-FEED, FEED);
- детальное (рабочее) проектирование (Detailed Process Designs — DPD).

Одним из начальных этапов работы над проектом является разработка концепции (Feasibility Studies), что соответствует технико-экономическому

обоснованию (ТЭО). Исходными данными для выполнения ТЭО, как правило, являются достаточно общее описание проекта и краткие требования к процессу перевозки груза морским транспортом.

Более детальная проработка расходной составляющей морской транспортировки с учетом различных источников финансирования выполняется на стадии предпроектного проектирования (Pre-FEED, FEED).

Документация FEED включает базовое моделирование, разработку проекта, оценку времени на его реализацию и оценку соответствующих затрат. Проводя аналогию с российскими проектными документами, по объему содержащейся в нем информации FEED можно сравнить с разделом «Исходные данные для проектирования», а по форме — с «Проектной документацией» без некоторых разделов [2].

Одной из задач указанных этапов работы над проектом является оценка минимальной стоимости перевозки груза при различных вариантах его реализации. При этом в составе стоимости доставки учитываются как эксплуатационные (операционные) расходы, так и инвестиционная (капитальная) составляющая. При учете капитальных затрат большое значение играет оценка стоимости судна, но это отдельная задача исследования. В зависимости от этапности разработки и условий проекта, а также параметров финансирования, капитальные расходы могут учитываться различными способами: через амортизационные отчисления, с учетом стоимости заемных средств, в составе ставки тайм-чартерного эквивалента и т. д.

В отечественной практике научно-исследовательских работ по данной тематике для оценки уровня эксплуатационных расходов, как правило, применяется два метода: расчет по статьям затрат и с использованием тайм-чартерного эквивалента [3–5].

Первый можно отнести к методам оценки по «нормативам». При этом часть показателей рассчитывается в соответствии с нормативно-правовой базой, а часть — по аналитическим зависимостям, выявленным по результатам статистической обработки ретроспективных данных о работе флота.

Метод расчета с использованием тайм-чартерного эквивалента в большей степени отражает влияние фрахтового рынка на стоимость перевозки груза (состояние мировой экономики, стоимость нефти, наличие соответствующего тоннажа и др.).

Оба метода имеют свои особенности применения для тех или иных проектов, но при этом требуют наличия значительного объема информационного обеспечения.

В современных экономических условиях коммерческие условия перевозки грузов являются закрытой корпоративной информацией. Зарплата экипажей судов, политика премирования, условия долгосрочных договоров аренды и получения заемных средств — вся эта информация является строго конфиденциальной. В то же время понятно, что без таких данных выполнение каких-либо экономических оценок практически невозможно.

Поэтому в условиях ограниченного информационного обеспечения на помощь специалистам приходят различные методы математического моделирования: корреляционно-регрессионный анализ, кластерный анализ, имитационное моделирование [6].

Оценка эксплуатационных расходов судна по статьям затрат

Этот метод основывается на нормативно-правовой базе страны (флага) регистрации судна, рекомендациях международных морских организаций, статистической базе показателей работы флота различных типов и назначений, а также сложившейся практике учета расходов в судоходных компаниях.

В России на данный момент отсутствуют какие-либо отраслевые инструкции по учету расходов. В 1994 г. была разработана «Инструкция по составу и учету затрат, включаемых в себе-

Табл. 1. Структура бюджета расходов по транспортному судну

Вид	Статьи затрат
Постоянные	Содержание экипажа: оплата труда страховые взносы рацион питания
	Техническая эксплуатация: ремонт и освидетельствование судна обеспечение запасами, материалами и смазочными маслами
	Страхование
	Амортизационные отчисления
	Прочие расходы
Переменные (рейсовые)	Топливо
	Портовые сборы и сборы за прохождение судоходных каналов
	Услуги ледокольного флота (вне зоны действия портового ледокольного сбора)
	Услуги в портах: услуги портовых буксиров услуги морских агентов
	Прочие расходы

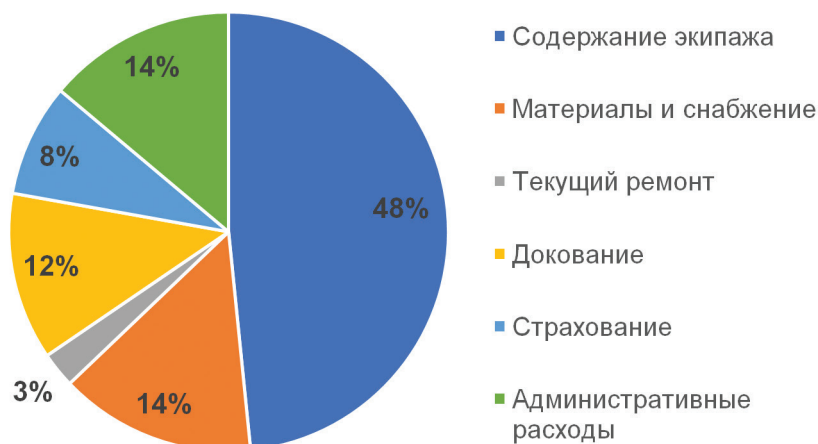


Рис. 1. Структура постоянных эксплуатационных расходов танкера для перевозки нефти дедеветом 105–120 тыс. т возрастом до 5 лет [7]

стоимость перевозок (работ, услуг) предприятий основной эксплуатационной деятельности морского транспорта» (утв. зам. министра транспорта № ВА-6/259 от 29.04.94 г.). Однако этот документ не применяется в связи с отказом в госрегистрации Министерства юстиции РФ (письмо Минюста РФ от 26.03.2003 г. № 07/2895-ЮД).

Единственным документом, регламентирующим структуру и порядок учета эксплуатационных расходов по судам, является Налоговый кодекс Российской Федерации (НК РФ) и другие различные федеральные законы, дополняющие его положения.

С учетом положений части 2 НК РФ и специфики отрасли структура бюджета расходов по судну может быть представлена статьями затрат, приведенными в табл. 1.

К постоянным относятся расходы, не зависящие напрямую от объема транспортных услуг (рис. 1), в отличие от переменных (рейсовых) затрат, состав и объем которых зависит от параметров рейса (направления, длительности и режимов эксплуатации).

Расходы на оплату труда рассчитываются исходя из штатного расписания, ставок окладов, надбавок, премий и иных платежей в пользу работников. В зависимости от того, действующее или проектируемое судно используется в проекте, различаются и подходы формирования исходных данных для расчетов. Для действующего судна можно использовать существующую в компании систему оплаты труда экипажей судов. В случае отсутствия такой информации или использования нового судна можно воспользоваться информацией по аналогичным типам судов



Рис. 2. Газовозы «Николай Евгенов» и «Яков Гаккель» проекта «Ямал СПГ» на ремонте во французском порту Брест [12]

или рекомендуемой политикой в области оплаты труда экипажей морских судов Международной федерации транспортных (ITF) [8].

ITF разработаны несколько типовых трудовых договоров для экипажей судов в зависимости от типа судна и флага регистрации. Фонд оплаты труда (ФОТ) формируется на основе рекомендаций по шкале минимальной гарантированной заработной платы, а также различных надбавок и коэффициентов к базовой ставке.

При регистрации судна под российским флагом отчисления с заработной платы работников в государственные внебюджетные фонды регламентируются статьями 419–432 НК РФ. Для судов, зарегистрированных в Российском международном реестре судов, до 2027 г. применяется пониженная ставка 0 % [9].

Минимальные расходы на питание рассчитываются в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 861 [10] и Приказом Минтранса России № 122 [11]. Однако судовладелец в праве сам определять уровень расходов на питание экипажей своих судов.

Одной из основных статей затрат судна в эксплуатации являются расходы на его техническое содержание. Каких-либо нормативных документов, регламентирующих уровень затрат в этой области, не существует. Выделяются две основные группы расходов:

- освидетельствование и ремонт судна;

- обеспечение запасами, материалами и смазочными маслами.

В соответствии с ГОСТ Р 57692–2017 «Система технического обслуживания и ремонта судов. Термины и определения» выделяют следующие виды ремонта судов: капитальный, средний, доковый (слиповый), межрейсовый (текущий). Как правило, в расчетах учитывают затраты на текущий ремонт (с учетом затрат на ежегодное освидетельствование судна и докование) и на средний ремонт, выполняемый один раз в пять лет для подтверждения класса судна.

Периодичность обязательных освидетельствований определяется нормативными документами классификационного общества. Для Российского морского регистра судоходства (РС) это НД 2–020101–012 «Правила классификационных освидетельствований судов в эксплуатации».

Отдельно стоит отметить расходы на докование судна. Доковый ремонт представляет собой восстановление средств защиты корпуса от коррозии и обрастания, устранение выявленных дефектов подводной части корпуса, движительно-рулевого комплекса, донно-бортовой арматуры и других элементов подводной части судна, ремонт которых на плаву невозможен. Освидетельствование подводной части корпуса также выполняется в доке. В течение 5-летнего периода действия класса РС должно быть проведено не менее двух освидетельствований подводной части судна.

Расходы на такие операции зависят от объема и стоимости работ, которая в свою очередь меняется в зависимости от места выполнения работ и используемых на верфи технологий. Следует отметить, что у российских судоходных компаний, оперирующих крупнотоннажным флотом, существует серьезная проблема выбора места докования. В России практически отсутствуют доки для судов дедвейтом более 70 тыс. т и для выполнения доковых работ приходится на длительный срок выводить судно из эксплуатации и перегонять его на значительные расстояния (рис. 2).

Так же к материальной группе расходов относятся затраты на обеспечение судна и экипажа запасами, запасными деталями для текущего ремонта, различными материалами и смазочными маслами.

Учитывая широкую номенклатуру материальных расходов, в рамках выполнения ТЭО для оценки их уровня целесообразно использовать аналитические зависимости расходов от типа судна, дедвейта и его стоимости. Строятся такие зависимости на базе обработки ретроспективных статистических данных по различным типам судов.

Морской транспорт является одной из капиталоемких отраслей экономики, поэтому его страхование занимает высокую долю в структуре расходов судоходных компаний. Размер страховой премии зависит от: стоимости и типа судна, срока его эксплуатации, технического состояния, акватории плавания и характера эксплуатации, набора страховых рисков (страховое покрытие).

Объектом обязательного страхования должны быть:

- КАСКО — корпус, машины и механизмы, устройства и снаряжение судна;
- ОСАГО — имущественные интересы, связанные с риском наступления ответственности за причинение вреда третьим лицам;
- страховка персонала на борту судна;
- страховка потерь груза, разлива нефтесодержащих продуктов и повреждения портовых сооружений;
- разлив топлива во время бункеровки;
- покрытие расходов по удалению судна с мели.

Принципы страхования судов при оперировании в арктических водах не отличаются от принципов страхования при работе в других районах Мирового океана. Между тем необходимо отме-

титель, что страховщики рассматривают оперирование застрахованным судном в Арктике как дополнительный риск. Он способен увеличить размер страховой премии страховщика (UK P&I Club, Nordic Marine Insurance Plan 2013).

В качестве критериев оценки рисков в 2013 г. Международный союз морского страхования предложил учитывать следующие критерии:

- ледовые условия;
- ледовый класс судна;
- проект судна и перечень оборудования на нем;
- практическая запланированного маршрута перевозки;
- доступность ледокольной проводки;
- доступность спасательных служб и оборудования;
- опыт и квалификация членов экипажа.

Для учета указанных факторов каждый страховщик разрабатывает свою методику расчета страховой премии, основываясь на имеющемся опыте.

На предпроектных этапах расходы на страхование морских судов определяются статистическим методом на основании данных страховых компаний с дифференциацией по типам судов.

При регистрации судна под флагом России в состав расходов необходимо включать амортизационные отчисления. Ставка амортизации определяется исходя из срока эксплуатации судна в соответствии Постановлением Правительства РФ № 1 «О классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы». На начальных этапах оценки стоимости перевозок грузов амортизационные отчисления могут учитываться в структуре расходов как инвестиционная составляющая проекта.

Прочие постоянные затраты, включая административные расходы, затраты на связь и навигацию, охрану труда и тех-

Табл. 2. Сравнение методов оценки стоимости перевозки грузов морским транспортом

Сфера применения	Расчет по статьям затрат	Расчет по ТЧЭ
Проекты строительства нового флота	+	+
Проекты с использованием существующего флота	Нет прямой зависимости от строительной стоимости судна, необходимо использовать корректирующие коэффициенты	+
Возможность учета текущего состояния фрахтового рынка	–	+
Сравнительная оценка эффективности вариантов судов с различными техническими параметрами	Полный постатейный анализ	–

нику безопасности, подготовку профессиональных кадров и другие, рассчитываются на основании данных по однотипным судам и составляют определенный процент от суммы расходов на эксплуатацию судна (содержание экипажа, техническую эксплуатацию и страхование).

Основной статьей переменных расходов являются расходы на топливо, которые зависят от технических параметров судна и эксплуатационных особенностей каждого рейса (длительность, район эксплуатации и др.).

Расчет затрат на топливо выполняется исходя из объемного расхода, типа и стоимости топлива. Объемный расход рассчитывается в зависимости от мощности и типа судовой энергетической установки, котельной установки и режимов работы судна (на ходу, на стоянке во время и без грузовых операций).

Расходы на топливо на ходу могут быть рассчитаны в зависимости от навигационных условий на линии эксплуатации (ледовые условия, ветро-волновой

режим), когда расстояние перевозки разделено на различные участки с различными скоростями движения. Кроме того, дополнительно учитывается изменение типа топлива в зависимости от ограничений в районе эксплуатации судна и портах захода (MDO, HFO, LNG).

Портовые сборы и сборы за прохождение судоходных каналов (Суэцкий, Панамский, Кильский и др.) рассчитываются в соответствии с утвержденными ставками сборов и правилами их применения. Ставки сборов в основном зависят от типа судна, его чистой или валовой вместимости либо от объема перевозимого груза. Портовые сборы дифференцируются по типу рейса (каботажный или заграничный) и/или флагу судна (национальный, зарубежный).

Помимо сборов в морских портах могут взиматься платежи за оказание дополнительных услуг по швартовке и буксировке судна, за услуги морских агентов, включая оплату связи и транспорта. Стоимость услуг в портах определяются

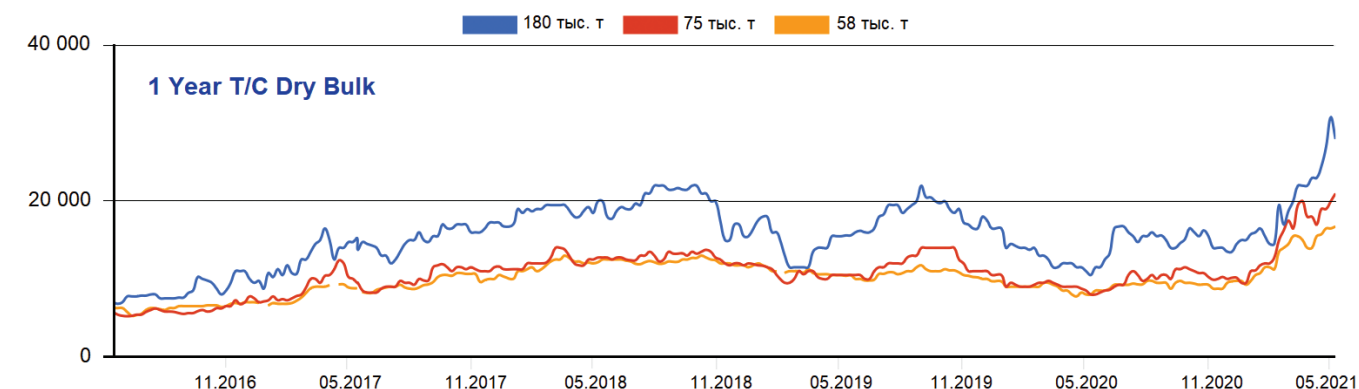


Рис. 3. Динамика ТЧЭ годового договора аренды для балкеров по данным Fearnleys AS, долл./сут. [14]

на основании тарифов администраций портов или оказывающих их компаний.

В случае совершения рейса в акватории Северного морского пути (СМП) в зависимости от периода навигации и ледового класса судна может потребоваться ледокольное обеспечение. Стоимость ледокольной проводки по СМП определяются в соответствии с Приказом Федеральной службы по тарифам «Об утверждении тарифов на ледокольную проводку судов, оказываемую ФГУП „Атомфлот“ в акватории Северного морского пути» [13]. Кроме того, существует практика заключения долгосрочных договоров на ледокольное обеспечение в акватории СМП по индивидуальным ставкам, но не выше предельно установленных приказом ФСТ.

Важным этапом работы при выполнении экономических оценок стоимости перевозки грузов на начальных этапах реализации проекта является верификация данных.

Для верификации состава и уровня статей затрат, применяемых в отечественной и зарубежной практике, специалистами АО «ЦНИИМФ» были проанализированы отчетные материалы компании Drewry по оценке эксплуатационных расходов судов [7]. При этом под эксплуатационными расходами судов Drewry понимает затраты, относящиеся к судну вне зависимости от линии / направления перевозки, т. е., по сути, постоянные расходы. Эксперты Drewry ранжируют среднесуточные эксплуатационные расходы по типам и возрасту судов, а также дедвейтным группам. Анализ материалов показал отсутствие каких-либо значительных отличий в группировке расходов отечественными и зарубежными специалистами. Определенный интерес представляют данные о динамике изменения эксплуатационных расходов по судам различного типа в зависимости от возраста.

Приведенный выше методический подход позволяет выполнить постатейную оценку бюджета затрат судна в эксплуатации. Его применение целесообразно при выполнении сравнительного технико-экономического обоснования вариантного ряда судов, так как помогает в полной мере оценить те или иные преимущества каждого варианта (более мощная или экономичная судовая энергетическая установка, различные типы движительного комплекса и ледовый класс судов).

В то же время данный подход не учитывает текущее или прогнозное состояние фрахтового рынка. В случае, когда строится новое судно под конкретный

проект, этот фактор имеет минимальное влияние на выбор того или иного варианта. Но если транспортно-логистическая модель проекта предполагает какой-либо тип фрахтования судна, то оценки только по «чистой» себестоимости перевозки будет недостаточно.

Оценка с использованием тайм-чартерного эквивалента

Как было отмечено выше, морской транспорт является достаточно капиталоемким, поэтому строительство новых судов для осуществления какого-либо коммерческого проекта целесообразно лишь в случае значительных объемов перевозок либо отсутствия альтернатив на фрахтовом рынке. Также причиной строительства собственного для проекта флота может быть длительный период его реализации, сравнимый со сроком эксплуатации судна и более. Хорошим примером безальтернативности и длительности периода являются арктические проекты по добыче углеводородного сырья, так как на фрахтовом рынке отсутствуют свободные транспортные суда высоких ледовых классов (Arc7 и более) для осуществления круглогодичной навигации.

В случае, когда объем перевозок является незначительным и для работы не требуется какого-либо специфического типа судна, одним из решений является аренда существующего флота.

В соответствии с Гражданским кодексом РФ (ч. 2 ст. 632, 642) существуют два вида договоров аренды судов:

- по договору аренды судов с экипажем (тайм-чартер) арендодатель предоставляет арендатору (фрахтователю) судно за плату во временное владение и пользование и оказывает своими силами услуги по управлению судном и по его технической эксплуатации;
- по договору аренды судна без экипажа (бербоут-чартер) арендодатель предоставляет арендатору судно за плату во временное владение и пользование без оказания услуг по управлению судном и по его технической эксплуатации.

По договору тайм-чартера судовладелец отдает судно в аренду фрахтователю на определенный период времени. Предметом тайм-чартера является судно, за использование которого фрахтователь платит фиксированную сумму за единицу времени — ставку тайм-чартера.

Базовые условия договора тайм-чартера предполагают, что судовладелец оплачивает следующие виды расходов:

содержание экипажа, техническое обслуживание и ремонт судна, освидетельствование, снабжение и материалы, страхование. Другими словами, судовладелец несет постоянные расходы, не связанные с эксплуатацией судна. Фрахтователь же оплачивает расходы, связанные с коммерческой деятельностью: топливо, портовые сборы и услуги, агентирование и прочие переменные расходы.

По договору аренды судна без экипажа (бербоут-чартер) фрахтователь отвечает не только за коммерческую эксплуатацию судна, но за его техническое состояние. Такая форма договора используется при длительных сроках аренды и позволяет реклассификацию судна или смену флага.

В структуре тайм-чартерной (бербоутной) ставки помимо эксплуатационных расходов присутствует определенная норма прибыли, которую судовладелец определяет на основании оценки доходности соответствующего сегмента фрахтового рынка. Индикатором такой оценки является «тайм-чартерный эквивалент» (ТЧЭ) — доход, который получает судовладелец в сутки эксплуатации судна, за вычетом переменных расходов.

При оценке стоимости перевозки грузов зафрахтованным флотом в качестве исходных данных используется информация различных информационно-аналитических агентств (Fearnleys, Clarkson, SSMR, Argus Media и др.) и брокерских компаний. В большинстве случаев компании на коммерческой основе предоставляют периодические (еженедельные, ежемесячные) бюллетени по уровню ТЧЭ для различных типов судов и дедвейтных групп (рис. 3).

Следует отметить, что в период высокой конъюнктуры какого-либо сегмента фрахтового рынка тайм-чартерный эквивалент может превышать уровень тайм-чартерной ставки в 1,5 и более раз. Поэтому при оценке стоимости перевозки груза в рамках долгосрочных проектов необходимо использовать осредненные значения ТЧЭ или привязывать его к какому-либо макроэкономическим показателям в зависимости от назначения судна (для танкеров или балкеров — к стоимости перевозимого груза, для контейнеровозов — к объемам мировой торговли и др.).

Указанные два метода оценки стоимости перевозки грузов морским транспортом имеют как сходства (одинаковый подход к оценке переменных расходов), так и принципиальные различия, приведенные в табл. 2.

Анализ данных таблицы позволяет сделать вывод о том, что выбор метода оценки стоимости перевозки грузов зависит от целей исследования и конкретных условий реализации проекта. Метод расчета по статьям затрат является более детализированным и формализованным, что позволяет использовать его как для сравнительной оценки эффективности вариантов проектируемых судов, так и для исследования новых типов судов. Применение тайм-чартерного эквивалента в большей степени оправдано при использовании в проекте уже существующего транспортного флота. 

Литература

1. ISL Shipping Statistic and Market Review (SSMR).
2. ООО «Газпром Проектирование» — URL: <https://proektirovanie.gazprom.ru>.
3. Черкасова, Г. Г. Специфика формирования себестоимости морских грузоперевозок // Актуальные вопросы экономических наук. — 2010. — № 11–3. — С. 240–243.
4. Почекаева, О. В. Обоснование доходов и расходов на перевозки грузов

организаций внутреннего водного транспорта для обеспечения плановой рентабельности // Научное обозрение. Экономические науки. — 2014. — № 2. — С. 70.

5. Крысько, С. Л. Экономика тайм-чартерного фрахтования // Вестник экономики транспорта и промышленности. — 2011. — № 33. — С. 103–104.
6. McLean, Aldo & Biles, William. A simulation approach to the evaluation of operational costs and performance in liner shipping operations. Proceedings — Winter Simulation Conference. — 2008.
7. Ship Operating Costs. Annual Review and Forecast. Annual report 2020/21 // Drewry Shipping Consultants Limited.
8. Международная федерация транспортников : официальный сайт. — URL: <https://www.itfseafarers.org/ru/your-rights>.
9. Российская Федерация. Законы. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с реализацией мер по поддержке российского судостроения и судоходства : Феде-

ральный закон № 305-ФЗ.

10. О рационах питания экипажей морских, речных судов за исключением судов рыбопромыслового флота, и воздушных судов» : постановление Правительства Российской Федерации от 7 декабря 2001 г. № 861.
11. О порядке обеспечения питанием экипажей морских, речных судов, за исключением судов рыбопромыслового флота и воздушных судов : приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 30 сентября 2002 г. № 122.
12. Le Telegramme : информационный портал. — URL: <https://www.letelegramme.fr/finistere/brest/reparation-navale-a-brest-le-yakov-gakkel-entre-chez-damen-14-03-2021-12718904.php> (дата обращения: 28.05.2021).
13. Об утверждении тарифов на ледокольную проводку судов, оказываемую ФГУП «Атомфлот» в акватории Северного морского пути : приказ Федеральной службы по тарифам от 4 марта 2014 г. № 45-т/1.
14. Fearnleys AS : официальный сайт. — URL: <https://fearnpulse.com/> (дата обращения: 14.05.2021).

ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПОРТАЛ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

Портал **ROSTRANSPO.COM** — это информационная площадка для встречи специалистов транспорта.

Пишите,
и Ваше мнение узнает
вся транспортная
Россия.



Таблица 1. Примеры традиционной таблицы и Safety Risk Assessment and Mitigation. а) традиционная таблица б) Highly Likelihood

Частота Возможность (Likelihood)	Серьезность риска				
	Катастро- фическая А	Опасная В	Значи- тельная С	Незначи- тельная D	Ничтожная Е
Часто 5	5A	5B	5C	5D	5E
Иногда 4	4A	4B	4C	4D	4E
Весьма редко 3	3A	3B	3C	3D	3E
Очень редко 2	2A	2B	2C	2D	2E
Крайне редко 1	1A	1B	1C	1D	1E

Likelihood	Meaning	Value
Frequent	Likely to occur many times (has occurred frequently)	5
Occasional	Likely to occur sometimes (has occurred infrequently)	4
Remote	Unlikely to occur, but possible (has occurred rarely)	3
Improbable	Very unlikely to occur (not known to have occurred)	2
Extremely improbable	Almost inconceivable that the event will occur	1

процедур принятия решений в условиях неопределенности. Появление подобных (новых) публикаций [9, 11, 12] свидетельствует о совершенствовании методов решения проблем безопасности полетов и может оказаться полезным и для других отраслей транспорта.

Назрела необходимость обоснования целесообразности разработки в широком масштабе методов РОП, созданных в авиации и принятых в теории системной безопасности (ТСБ) [2–7]. Предполагается, что будет возможным получить некоторую поддержку от Минтранса РФ на освоение новых технологий и создание стандарта по РОП (ИКАО) дополнительно к ВАБ для использования новой концепции риска и процедур управления безопасностью (СУБП), эквивалентных по эффективности SMS (Safety Management System) при решении проблем редких событий на транспорте [1, 2].

Привлекательность РОП (ИКАО) и таблиц типа (б) состоит в том, что ряд вопросов может решаться на основе имитационного нестохастического моделирования — без датчиков случайных чисел — по методу ECAST [7, 10] и аналитически на основе «уравнения катастрофы» [2] в рамках нечеткой логики. Например, Академический центр системных исследований в Санкт-Петербурге мог бы стать головным в решении указанных проблем применения ТСБ и искусственного интеллекта в разных сферах на морском транспорте.

Рабочим инструментом при решении указанных вопросов на основе РОП (ИКАО), является принцип составления «уравнения катастрофы» в форме конъюнкций логических признаков условий

возникновения опасного состояния в зависимости от факторов опасности в сценариях, задающих «путь к катастрофе» — к аварии или к некоторым событиям. Подобное предложение было высказано в [2] Рябининым И. А., но для ВАБ.

Перспектива решения этого вопроса состоит в том, что целесообразно изучать события типа R — рисковому событию в нечеткой логике — так, как это уже достаточно широко делается в мировом авиационном сообществе [11]. Следует отметить, что в таблицах (а) и (б) — для РОП (ИКАО) — принята новая концепция риска — по Fuzzy Sets [7, 8].

Анализ множества выявленных критических событий указанного вида позволяет либо найти причины возникновения негативных событий, либо предупредить (или исключить) заранее возникновение аварийных ситуаций. Возможна выработка управляющих корректирующих воздействий на состояние конфликтующих объектов — и на море, и в воздушном пространстве — при управлении воздушными судами, при планировании операций с заданным заранее результатом (хотя бы и в нечеткой трактовке).

Соответствующая «аксиоматика рисков», основанная на нечеткой логике, может быть использована при анализе причин с проявившимися факторами неопределенности в ряде заметных аварий, таких, как:

- с АПЛ «Лошарик» (событие R — «пожар» в отсеке);
- с ВС «Суперджет-100» (сгорело 40 пассажиров, ВС был полностью разрушен);
- с ВС АН-148 в г. Жуковском, аэропорт Раменское (крушение, возможно,

вследствие неумелых действий в редкой по теории вероятностей (по ВАБ), но типовой ситуации с отказом датчиков скорости).

Выяснилось, что РОП и метод «уравнений катастроф» позволяет эффективно решать аналитически ряд задач из теории операций с использованием аппарата теории матричных игр, например, при анализе исходов запланированных не санкционированных актов вмешательства в деятельность различных организаций. Ряд примеров дан в [2], но решения представлены в рамках позиций ВАБ [1] — типа монотонных функций вероятности, что не всегда справедливо.

Постановка задачи

Безопасность систем (по РОП) предлагается обеспечивать в рамках приемлемых требований только путем снижения рисков возникновения катастроф (аварий) на основе методов проактивного и предиктивного управления рисками с учетом факторов опасности — с применением процедур мониторинга и управления рисками в перспективных по ИКАО системах SMS. Направление разработок в схеме решения вопросов РОП может быть основано на переходе от «вероятностного пространства» [1] к его модификации в форме пространства «сигмы-алгебры» [3] и Fuzzy Sets [12] (публикации о работах НАСА и ИКАО в этой области в 2016–2018 г. с названием «Highly Likelihood» — по типу представленных выше таблиц).

Основная задача, связанная, в частности, с поиском точек рисков, решается в РОП с помощью типовых методов многокритериальных оценок свойств

Моделирование опасных сценариев событий при эксплуатации транспортных систем в условиях неопределенности ситуаций



Е. А. Куклев,
д-р. техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой
№ 6 «Механики» Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации

В статье предложено использовать метод оценки уровней безопасности эксплуатации воздушных судов (и транспортных систем в целом) на основе показателей риска возникновения опасных ситуаций, обусловленных нарушением стандартов эксплуатации и возмущениями разного рода.

Безопасность — традиционно и в теории надежности (ТН) [1] — это свойство состояний систем, в которых при эксплуатации могут возникнуть события, несущие вред или негативные последствия для операторов и окружающей среды, например, при авариях или катастрофах. Причиной катастроф являются некоторые системные ошибки, обусловленные структурной сложностью систем и поражающими факторами [2,3]. В настоящее время уровни безопасности предпочтительно оцениваются на основе моделей исчисления рисков возникновения негативных (опасных) событий с учетом неопределенности условий эксплуатации транспортных систем.

Термин «безопасность систем» в транспортных отраслях и в области экономики из символа типа «заклинания» преобразовался в научную категорию в связи с выявлением серьезности проблемы таких редких событий, как крушения, аварии и т. п., которые возникают с вероятностью «почти ноль». Числовые значимости подобных событий определены на «хвостах» распределений плотности вероятностей появления редких событий, на интервалах изменения аргументов за пределами «трех сигм», т. е. практически без достоверной статистики [2, 3]. В связи с этим современные методы конструирования технических и транспортных систем и анализ их безопасности базируются в авиации на риск-ориентированном подходе (РОП) — по ИКАО, НАСА [3,4].

Можно отметить, что на морском транспорте, в финансовой сфере и даже в медицине также применяются анало-

гичные подходы в виде формулировок «риск заболевания силикозом» (в шахтах), «риск разорения предприятия» и т. д. [1, 5]. Однако, в методах ВАБ (вероятностный анализ безопасности) [1] для ситуаций с редкими событиями [3] вероятностная трактовка понятия риска [11] оказалась неконструктивной.

Приоритеты применения РОП (ИКАО) при решении проблем обеспечения безопасности систем оказались важными [6, 7] по признакам назначения систем: глобальная безопасность, финансовая безопасность, продовольственная проблема, антитеррористическая деятельность и пр.

В разных источниках [2, 6] ключевыми названы вопросы теории системной безопасности: надежность, безопасность. В СМИ предложено находить даже некоторое «уравнение безопасности». В связи с этим можно отметить, что проблема создания высоконадежных систем из ненадежных элементов уже решена [1, 2]. Но теперь приходится определять и так называемое подлетное время, вычисляемое от момента возникновения угрозы безопасности до момента «бифуркации» [3, 7], т. е. до возникновения опасного (в частности, рискованного) события.

В авиации указанные проблемы с учетом факторов неопределенности могут быть решены на основе концепции нечетких множеств с помощью таблиц типа (б) (табл. 1), отражающих концепцию Highly Likelihood — основу РОП (по НАСА, ИКАО). Эти таблицы предназначены для преодоления при вычислениях факторов неопределенности параметров состояний систем при нечетких возможностях возникновения редких рискованных событий. Это снижает, например, трудоемкость

систем на основе единого обобщенного показателя типа, уже давно объявленного в публикациях (и в государственной доктрине РФ) в форме:

$$K_{\Sigma} = \langle K_1, K_2 \rangle, \quad (1)$$

Предполагается, что физический смысл этого показателя может быть выражен с помощью нечетких терминов вроде «эффективность», «надежность», «безопасность», «уязвимость», «приемлемость», «экономичность», «эргономичность», «конкурентоспособность» и т. п. Дело в том, что размерности K_1 и K_2 велики и типовые методы решения важных задач не всегда применимы. Например, при мониторинге безопасности деятельности авиапредприятий параметр K_1 (качество и надежность) включает около 100 показателей, а K_2 (показатели по безопасности) охватывают не менее 50 величин. Но оценку для (1) приходится представлять иногда в форме всего трех уровней в нечетком виде: «опасно», «приемлемо», «безопасно» и т. п. Некоторые решения могут быть найдены в классе методов РОП с использованием традиционных и новых рекомендаций при следующих предположениях.

В системах S с множеством дискретных физических элементов $e_i \in E_S$ [2] выделяются совокупности сценариев $s_i \in S \sim E_S$, составленные из последовательности элементов $e_i \in E_S \Rightarrow \{L_i\}$ в виде цепей:

$$S = (s_1, s_2, s_3, \dots, s_{i1*}, \dots, s_{i2*}, \dots, s_n), \quad (2)$$

$$\Sigma_0, Q_s, \quad L_i \sim \{s_i\} \Leftrightarrow \{e_i\},$$

где Q_s — группы дискретных состояний системы по ТН;

Σ_0 — это условия определения и модели испытаний системы с эффектом K_{Σ} .

Из этого следует, что, кроме $K_{\Sigma} = \langle K_1, K_2 \rangle$, необходимо определить отдельные показатели качества и безопасности: K_1 и K_2 . Далее надо вычислить критические моменты времени подлета или моменты времени возникновения точек риска в точках уязвимости, где «садится» угроза безопасности системы в смысле нанесения ей недопустимого ущерба. При этом (1) преобразуется к виду:

$$K_{\Sigma} = f_s \{L_{j*} | \Sigma_0, \Phi_s, E_s\}, \quad (3)$$

$$\Phi_s = \Phi_s(\{\varphi_i\} | \Sigma_0) \Leftrightarrow \varphi_i \in \Phi_s, \quad (4)$$

где Φ_s — множество опасных факторов — внутренних и внешних — за счет воздействий окружающей среды.

Некоторые критические состояния системы s_{i1*}, s_{i2*} задаются в форме критических сценариев, образующих цепи

$L_{i1*}, \dots, L_{i2*}, \dots$ событий, ведущих к катастрофе (к ущербу). В решаемой задаче факторы в (4) могут быть неопределенными с некоторой мерой μ истинности, что приводит к нечеткости (неистинности) оценок свойств систем на множестве элементов в (1). Подобные множества анализируются и обнаруживаются при аудите систем. Проблема в том, что предпочтительно оценивать комплексно на основе K_{Σ} [2] надежность и безопасность с помощью лингвистической переменной, используя слова «приемлемо», «неприемлемо». При этом приходится учитывать, что размерности K_1 и K_2 велики и типовые методы решения подобных задач не всегда применимы. Например, при мониторинге безопасности деятельности авиапредприятий параметр K_1 (качество — надежность) включает около 100 показателей, а K_2 (показатели по безопасности) охватывают не менее 50 величин. Всего число элементов, входящих в состав K_1, K_2 , составляет до ~150–200 единиц. При этом оценку для (1) приходится представлять иногда в форме всего трех уровней в нечетком виде: «опасно», «приемлемо», «безопасно» и т. п. Некоторые решения могут быть найдены только в классе методов РОП с использованием новых рекомендаций.

Схема решения на основе новой аксиоматики моделей рисков

Безопасность эксплуатации систем оценивается через понятие риска в форме $\hat{R}$ (по НАСА) [3, 9]. Но метод ВАБ не позволяет найти многокритериальные оценки (1), поскольку понятие риска основано на концепции вероятностного пространства событий (по А. Н. Колмогорову). Показатели риска не удается корректно определять через вероятность возникновения негативного происшествя при редких событиях. Ввиду этого обстоятельства предлагается дополнить концепцию ВАБ подходом РОП — Highly Likelihood на основе следующих предложений:

1. Уровень риска оценивается через нечеткую меру количества опасности в системе, что совпадает и с мнением из [2] по И. А. Рябинину, но остается нереализованным из-за объективных ограничений в сущности концепции ВАБ и эффективно преодолеваемых здесь — в рамках совершенно новых взглядов по Fuzzy Sets (в теории решеток [4, 9, 12]).

2. Сконструировать модель рискового события и сценарии возникновения аварий и катастрофы по НАСА на основе таблиц (а) и (б) в форме, пригодной для поиска «уравнений катастрофы», предло-

женных в ТСБ [4, 6]. Для этого достаточно задавать схемы возникновения событий в структурно сложных системах, разработанных по И. А. Рябинину из [2] с помощью «нечеткой алгебры событий» по [9].

В результате «вероятностное пространство» $U_p = V_p$ — четкое, дистрибутивное, с дополнениями заменяется на алгебру $\tilde{A}_F$ нечетких подмножеств:

$$U_p \rightarrow \tilde{A}_F, \quad V_p = (\Omega, F, P | \Sigma_0), \quad (5)$$

где F — сигма — алгебра;

P — вероятности элементарных исходов (случаев) в аксиоматике А. Н. Колмогорова;

Ω — пространство элементарных событий для принятой схемы изменения дискретных состояний в опытах типа бросания монеты, шаров или костей с номерами граней от 1 до 6.

Важно отметить, что в экономике [5, 3] также полностью отвергаются такие некорректные и двусмысленные показатели, как субъективная вероятность, в ситуациях с недостоверными статистиками. Сохраняется только понятие «физическая вероятность», которая, согласно классическим работам [1–3], является единственным допустимым показателем в строго определенных условиях, например в вероятностных пространствах [3, 6], рассмотренных в (5). Переход к нечеткой алгебре неизбежен. Результат будет иметь вид [7]:

$$AL = (\Omega, \cup, \cap, (+, -) | \Sigma_0) \quad (6)$$

Сигмы-алгебры в (5) и (6) совпадают и могут быть использованы для создания универсального четкого множества U_L оригиналов событий в виде цепей L_R на множестве элементарных исходов ω с теми же функциональными свойствами из Σ_0 . Поскольку цепи L_R определены, то будут известны и сценарии (1). При этом могут быть сконструированы и модели рисковых событий типа R , т. е. события без вероятностной измеримости. При этом можно определить и структуру рискового события при новой трактовке по РОП [6, 10].

Модель рискового события

Вводится новое определение понятия рискового события R в счетных множествах элементов (без вероятностных свойств для редких событий) при вероятностях событий «почти ноль».

Функционально это событие R выводится и описывается достоверно (истинно — через функции реальных элементов системы). Но свойства этого негативного события — нечеткие по параметру возможности возникновения

с мерой μ последствий в виде ущерба H_R . Математическое событие R — это класс событий (на сигма-алгебре — F), составленный из элементарных событий $\omega \in \Omega$ в виде [4, 8] для цепей событий L_R . Это дает [3]:

$$R = R(\gamma|Z_R, \mu, H_R, \Sigma_0) \sim L_R. \quad (7)$$

В (7) указаны угрозы, определяющие меру возможности возникновения этого события R , от которого зависит уровень интегрального риска в форме $\hat{R}$, цепь событий L_R , включенная в состав Σ_0 . Уровень $\hat{R}$ для модели события из (7) может оцениваться с учетом структуры системы с помощью матрицы оценки рисков по типу таблиц (а) и (б).

Прогнозируемая опасная нечеткая рисковая ситуация

Вводится [4, 6] нечеткое множество $\tilde{R}$ — прогнозируемая опасная нечеткая рисковая ситуация с учетом значимости возможной опасности в заданном сценарии с цепью L_R . Модель, или «образ опасности» $\tilde{R}$ создается в виде кортежа:

$$\tilde{R} = \langle Z_R, \mu, H_R | \Sigma_0 \rangle. \quad (8)$$

Символ $\tilde{R}$ обозначает значимость или критичность ситуаций при событиях в форме из (7), характеризующую исследуемую катастрофу с прогнозируемым (априорно смоделированным) событием R для структурно сложной системы. Такое событие в виде цепи легко определяется путем имитационного нестохастического моделирования (динамическое моделирование ECAST [13]).

Все элементы (8) входят в универсальное множество носителя истинной информации. Поэтому можно сконструировать и нечеткие подмножества в аварийных ситуациях. Далее с помощью «образа опасности» оценивается и интегральный уровень риска $\hat{R}$, значение которого выбирается из таблиц РОП: это (а) — лингвистические переменные в форме кодов или (б) — в форме повествовательных выражений. В этом и состоит сущность РОП, элементы которого ранее не были подробно опубликованы, кроме вариантов таблицы (а). Можно заметить, что в МЧС России используются даже более подробные и детальные матрицы оценки рисков возникновения опасностей в системах [1], но результаты для таблиц уровня (б) пока не обнародованы.

Общий алгоритм оценки интегрального уровня риска в системе

Формула для определения интегрального уровня риска $\hat{R}$ как количества

опасности в ситуации с «образом опасности» (8) от возможного R из (7) будет иметь следующий вид:

$$\tilde{R} \rightarrow \hat{R}: \rightarrow \hat{R} = \hat{f}(\tilde{R}|\Sigma_0) = \hat{f}(\mu, H_R|\Sigma_0 L_R), \quad (9)$$

$$\hat{R} = \hat{f}(\tilde{R}|\Sigma_0) = \hat{f}(Z_R, \mu, \mu, H_R|\Sigma_0), \quad (10)$$

где введены две нечеткие меры типа μ , которые дополнительно физически определяют нечеткую возможность возникновения события R . Эта возможность не может быть измерена в ВАБ через вероятность, которой нет и объективно быть не может в экспериментах с редкими событиями. Вторая величина определяет сверхкритические события: очень и очень редкие, но с чрезмерно большими ущербами (например, в ситуациях с АЭС или с извержениями вулканов).

В (10) введены аргументы, цепь L_R , и нечеткая мера μ , которая физически определяет нечеткую возможность возникновения события R . Но введенный здесь нечеткий уровень риска $\hat{R}$ можно и нужно определять заранее, до момента возникновения прогнозируемой угрозы, которая может вызвать бифуркацию процесса в виде рискованного события R в форме (7). В алгебре (5) это класс событий (из сигма-алгебры — F), составленный из элементарных событий (из случаев ω — омега) в виде [1, 3] для цепей событий L_R , но с нечеткостью по μ .

Понятие «уравнения катастрофы» впервые ввел в России профессор

Рябинин в [2] и других публикациях. Но в НАСА и FAA [4, 11] было доказано нечеткое утверждение, что «катастрофа заложена в систему и только ждет своего проявления» (профессор Дж. Ризон: «цепи Ризона» — Массачусетс, США). Функционально катастрофа — это событие R-типа функционального отказа в структурно сложной системе. Такое событие, определенное в универсальном множестве в Fuzzy Sets, всегда описывается достоверно (истинно) через функции реальных элементов системы. Но свойства этого негативного события — нечеткие по параметру неопределенности возможности возникновения с мерой истинности μ , что и задается в подмножествах с нечеткой измеримостью неопределенности.

Цепи (сценарии) L_R при РОП формируются с помощью стандартной программы FMEA [10] (при имитационном, но при нестохастическом моделировании по ECAST [13], с присвоением соответственно меры по Fuzzy Sets [12]).

Например, по [2] определяется минимальное сечение отказов в виде комбинации элементарных событий в заданной схеме соединения элементов надежности. Схема поиска минимального сечения отказов в виде функционального отказа (например, катастрофы) дана на рис. 1.

Структура цепи событий в «уравнении катастрофы»

«Уравнение катастрофы» формально конструируется по методу минимального

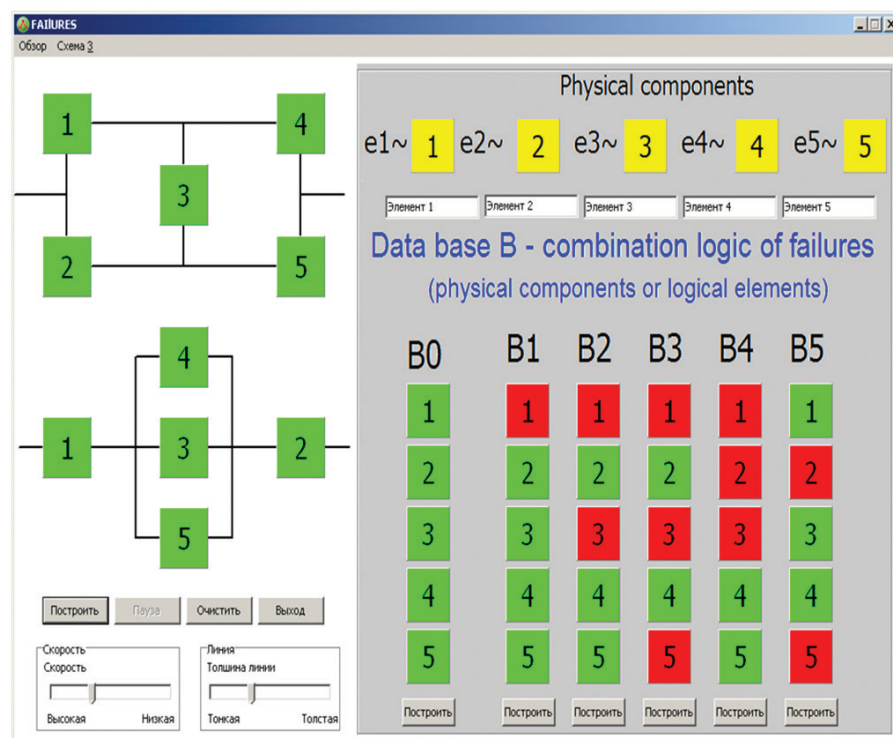


Рис. 1. Комбинации отказов в разных схемах



сечения отказов в виде конъюнкций факторов опасности отказов или только логических признаков этих факторов — при использовании образа (модели опасности на основе операции типа «импликации нечетких отношений»).

Математически «уравнение катастрофы» — это соотношение в форме конъюнкций логических признаков опасных факторов, определяющих структуру и условия возникновения сценария аварий в форме (2):

$$U_R = (\varphi_0 \wedge \varphi_1 \wedge \varphi_2 \wedge \dots \wedge \varphi_k) = 1, \quad (11)$$

$$R \rightarrow L_R \Rightarrow U_R = (\varphi_0 \wedge \varphi_1 \wedge \varphi_2 \wedge \dots \wedge \varphi_k) = 1.$$

Значение $U_R=1$ указывает, что катастрофа возможна. Достоверность этого утверждения оценивается с помощью матриц (таблиц (а) и (б)) оценки рисков со шкалой (12).

Шкала НАСА из [4, 11] для оценки уровня рисков, представленная в указанных выше таблицах, следующая:

$$\begin{aligned} &\text{«очень редко», «иногда», «редко»,} \\ &\text{«нечасто», «часто».} \end{aligned} \quad (12)$$

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Риск — это не событие и не вероятность (по типу из ВАБ), а степень и мера предполагаемого (прогнозируемого) «количества» вреда (опасности) $\hat{R}$ при вполне

определенной (заданной или прогнозируемой) угрозе Z_R с набором опасных факторов, порождающих рисковое событие R .

2. Недопустимо заменять понятие «возможность» бытовым традиционным понятием «вероятность», т. к. вероятность — это тоже мера, но это статистически детерминированная мера количества случайности возникновения событий в гауссовых моделях. ■

Литература

1. Аронов, И.З. Безопасность и надежность технических систем / И. З. Аронов, Г. Г. Александровская [и др.]. — Москва : Логос, 2008.
2. Рябинин, И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. — Санкт-Петербург : Политехника, 2000. — 248 с.
3. Малинецкий, Г. Г. Управление риском. Риск. Устойчивое развитие. Синергетика / Г. Г. Малинецкий, В. В. Кульба, С. А. Косяченко [и др.]. — Москва : Наука, 2000. — 431 с.
4. Probabilistic Risk Assessment (PRA). Procedures Guide for NASA Managers and Practitioners — Office of Safety and Mission Assurance NASA. — Washington, DC20546, 2002.
5. Шоломицкий, А. С. Теория риска. (Выбор при неопределенности и моделирование риска). — Москва : ГУ ВШЭ, 2005. — С. 399.
6. Kuklev E., Zhilinskiy V. Accident Risk Assessment for Highly Reliable Aviation Systems in Emergency Situations // Transport and Telecommunication. — Vol. 19. — № 1. — P. 59–63.
7. ГОСТ Р 55585–2013. Воздушный транспорт. Система управления безопасностью полетов воздушных судов. Термины и определения. — Москва, 2013.
8. СТО РЖД 1.02.035–2010. Управление ресурсами на этапах жизненного цикла, рисками и анализом надежности (УПРАН). Порядок определения допустимого уровня риска. — Москва, 2010.
9. Aviation Security Global Risk Context Statement. ICAO. — Montreal, 2016.
10. ГОСТ Р 51901.13–2005. Анализ дерева неисправностей в сложных системах (FMEA).
11. Amer Younosy. 10 Things You Should Know about SMS. — Washington : FAA, 2012.
12. Kuklev E. A. Risks and Aviation Safety. — Singapur : Springer, 2019. — P. 167.
13. ECAST-Component of ESSI. Руководство по идентификации опасности. Динамические методы моделирования. — 2012.

Алгоритмизация процессов функционирования автомобильных автоматизированных систем активной безопасности



П. А. Кравченко,
д-р техн. наук, профессор,
научный руководитель
Института безопасно-
сти дорожного движения
Санкт-Петербургского
государственного архи-
тектурно-строительного
университета (ИБДД
СПбГАСУ)



Е. М. Олещенко,
канд. техн. наук, до-
цент, директор центра
повышения квалификации
автомобильно-дорожного
факультета СПбГАСУ



С. Н. Доценко,
заведующий лабораторией
кафедры наземных транс-
портно-технологических
машин СПбГАСУ

Всестороннему анализу процессов обеспечения безопасности функционирования систем управления любого назначения предшествует установление терминов и определений, однозначно толкуемых специалистами различного профиля и уровня профессиональной подготовки. Понятия, вложенные в термины, должны быть отражены во всех аспектах и процедурах, связанных с проблемой обеспечения безопасности функционирования сложных автоматизированных объектов [1].

К указанным выше объектам относят системы управления безопасностью дорожного движения (БДД), в структуре которых в статусе подсистем находятся автоматизированные системы тягово-скоростного, рулевого и тормозного управления движением транспортных средств (ТС), называемые системами активной безопасности (АБ) ТС. Они обладают первостепенной значимостью в национальном и международном масштабах [2], поскольку оказывают значительное влияние на уровень обеспечиваемой безопасности для непосредственных участников дорожного движения.

В группе названных выше систем особое внимание занимают тягово-скоростные системы, в наибольшей степени влияющие на частоту и вероятность возникновения опасности для жизни и здоровья людей в дорожно-транспортных происшествиях. Основные причины опасности — отсутствие средств эффективного контроля их технического состояния и механизмов количественной оценки показателей основных функциональных свойств.

К последним относят [2]:

- тяговую динамичность, обеспечивающую безопасное маневрирование и обгон, предупреждая столкновение со встречным транспортным средством;
- стабильность скорости, предупреждающую столкновения и выезды на полосу встречного движения, опасное движение на поворотах и затяжных подъемах, снижение показателя маневренности;
- приемистость — темп прироста скорости (ускорение), путь и время разгона ТС с места или в заданном ди-

апазоне скоростей на горизонтальной дороге с твердым и гладким покрытием при полном использовании мощности двигателя (при максимально нажатой педали управления подачей топлива).

Фактором, усиливающим указанную выше значимость автомобильных систем АБ, в настоящее время является разработка многими странами, включая Россию, беспилотных транспортных средств (БТС) с целью включения их в дорожное движение вместе с обычными ТС. В обиходе встречаются и другие их названия, но в большей степени им соответствует название «высокоавтоматизированные ТС», в которых часть функций, выполняемых водителем, автоматически выполняется техническими средствами. Этот термин определен в Концепции обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования, (далее — Концепция) и на сегодняшний день рекомендован к применению как наиболее целесообразный из множества других названий. [3]

Идентификация проблемы

Учитывая сложность и трудоемкость поставленной задачи, а также жесткую определенность срока достижения нулевой смертности на дорогах России, установленного Стратегией безопасности дорожного движения в РФ на 2018–2024 гг., принятой Распоряжением Правительства 1-р от 8 января 2018 г., особую для БТС значимость приобретает надежность и эффективность функционирования их систем активной безопасности как факторов, влияющих на уровень обеспечиваемой безопасности

дорожного движения (ОБДД). Здесь, в отличие от обычных ТС, должен быть предусмотрен и страховой ресурс, гарантирующий компенсацию неопределенности значений показателей их основных функциональных свойств, приведенных выше, а также стандартных свойств для управляемых систем — точности преобразования цели функционирования в требуемый результат, пошаговой наблюдаемости процесса, быстродействия (оперативности реакции на управляющее воздействие), устойчивости и помехозащищенности.

Такой ресурс, например, для систем тягово-скоростного управления движением ТС, заводы-изготовители создают включением в их конструкцию блоков искусственного интеллекта в форме вычислительных компьютерных программ собственной разработки. Пакеты программного обеспечения (ПО) либо предусматривают процедуру ручного ввода (изменения) базовой установки контролируемого параметра работы двигателя, либо запрещают их коррекцию эксплуатантами ТС, если пакет ПО имеет алгоритм автоматизированной коррекции. Причем запрещают даже в случаях необходимости предупреждения водителем опасных ситуаций в дорожном движении, возникающих по причинам, не находящимся в поле зрения разработчиков указанного программного продукта.

При решении проблемы обеспечения БДД — нулевой смертности, если правильно толковать смысл этого свойства, потребуются знания всех известных факторов (включая и квалификацию специалистов-экспертов), влияющих на ее уровень и способных трансформироваться в среде дорожного движения в причины возникновения фактов гибели людей. Без таких знаний указанная проблема неразрешима. Она обязательно потребует использования в качестве одного из инструментов накопления знаний, получаемых в результате научных исследований, заимствованных из опыта специалистов-эксплуатантов, обладающих квалификацией, достаточной для понимания физики интеллектуализированных элементов автомобильных систем обеспечения БДД. В рассматриваемом случае — систем активной безопасности, для каждой из которых должны быть разработаны соответствующие учебные программы и средства, облегчающие понимание и удержание в памяти ответственных должностных лиц концептуального механизма системного обоснования экспертных заключений по всем фактам гибели и получения тяжкого вреда для здоровья людей в ДТП.

Решение проблемы

1. Структура частных задач

Алгоритмизация не исследованных ранее процессов функционирования систем активной безопасности ТС — в терминах проблемы обеспечения БДД с участием БТС — требует решения следующих задач:

- оценки качества толкования ключевых терминов (терминологический аспект), используемых в базовом Федеральном законе «О безопасности дорожного движения» от 10.12.1995 № 196-ФЗ (последняя редакция) (далее — Закон), и их функциональной достаточности, к которым в первую очередь относят системно обоснованные термины;
- обоснования способов формализации моделей исследуемых процессов и целесообразных форм их представления (алгоритмический аспект), обеспечивающий легкость трансформации алгоритмов процессов функционирования систем в алгоритмы компьютерных программ — реализацией технологий искусственного интеллекта как технической имитации интеллекта человека;
- разработка системы оценки качества действующего нормативно-правового обеспечения функционально обязательных видов деятельности, управляемой ответственными должностными лицами (ОДЛ) на всех уровнях иерархии (нормативно-правовой аспект), как элемента многоаспектной системы всех реализуемых видов деятельности, функционально связанных общей целью и рассматриваемых как единое целое [4, 5].

2. Решение частных задач

2.1. Терминологический и когнитивный (познавательный) аспекты

В Законе многие ключевые и функционально значимые термины не определены. В частности, в нем терминологически, то есть нормативно, не определена цель Закона, которая легко угадывается из статьи 2. Само слово (не термин) «цель» использовано в Законе один раз в предложении: «Для целей настоящего Федерального закона применяются следующие основные термины: дорожное движение; безопасность дорожного движения; дорожно-транспортное происшествие».

В тексте Закона не определены:

- механизм достижения цели, изложенный концептуально — для внесения его в текст Закона в статусе многословного термина с запретом внесения в него любых изменений, т. е. в статусе государственного стандарта толкования его смысла;

- функционально значимые виды деятельности и должностные лица органов государственной власти, ответственные за полноту и качество их исполнения, не определены требования к их квалификации и мере ответственности.

Ни один руководитель не должен быть освобожден от ответственности за исполнение регламентированной деятельности персоналом нижестоящих уровней иерархии систем [11, 12].

Поясним, какими должны быть системные толкования указанных терминов, начав с Концепции, в качестве формулировки которой может быть использовано (см. ст. 2 Закона) словосочетание «обеспечение безопасности дорожного движения — деятельность, направленная на предупреждение причин возникновения дорожно-транспортных происшествий, снижения тяжести их последствий». Начать следует со слов «безопасность дорожного движения». По существу, их нужно толковать как дорожное движение без опасности (для жизни и здоровья людей в ДТП). Обеспечить ее можно исключительно предупреждением причин опасности. В проблеме нулевой смертности — предупреждением всех ее известных причин. Термин БДД, таким образом, определяет результатом реализации норм Закона нулевую смертность, обеспечение и устойчивое поддержание которой на уровне именно нулевой величины должно являться его целью. Она определяет и требуемое название Закона — «Об обеспечении БДД». Учитывая вышеизложенное, легко формулируется термин-концепция (механизм достижения цели) следующего содержания: «Обеспечение БДД — деятельность функционально обязательных видов по предупреждению фактов возникновения причин смертности и тяжких телесных повреждений людей в ДТП».

В такой версии определения Концепции речь идет о множестве видов реализуемой деятельности, функционально связанных общей целью — ОБДД, и в такой ее форме они называются системой. Как термин «система» в действующем Законе не определен, и, следовательно, юридически государственной системы обеспечения БДД, связывающей все уровни ее иерархии в единое целое, в России нет.

Принятие указанной выше Стратегии безопасности дорожного движения в РФ на 2018–2024 годы, установившей нормой организацию и управление социально значимых видов деятельности на основе системного подхода, а также выход в свет ГОСТ Р — русскоязычной версии стандарта Евросоюза «Системы менеджмента БДД, требования и руководство по применению» [4] пока не нашли отражения в базовом Федеральном законе «О БДД», сдерживая их системное применение на всех уровнях иерархии реализуемой в стране деятельности, но не запрещая их использования в качестве эффективного методического материала в дополнение к принятому и реализуемому в России национальному проекту «Качественные и безопасные дороги».

В качестве дополнительного средства методической поддержки системной деятельности целесообразно использование многоаспектного подхода [5] к решению задачи расширения области поиска факторов, влияющих на уровень обеспечиваемой безопасности дорожного движения с участием в нем БТС. Указанный подход существенно повышает объем знаний, гипотетически почти до безразмерного уровня.

В Израиле в поле зрения полиции находится более тысячи факторов, влияющих на уровень обеспечиваемой БДД, 600 из которых находятся под ответственностью ее структур, и только 18 из них отнесены к опасным, способным (с любой вероятностью) трансформироваться в причины возникновения фактов смертности людей в ДТП [6].

Финляндия использует разработанный механизм управления процессом возникновения случайных фактов смертности в дорожном движении, который позволил обеспечить в интервале 10 лет темп снижения их числа примерно равный показателю 20 человек в год [7].

Россия с конца 80-х — начала 90-х годов использует в смежных областях транспорта, в первую очередь воздушного, системный подход к организации и управлению процессом обеспечения безопасности полетов, реализуя эффективные оцифрованные методические средства [8]. Поскольку основные принципы обоснования таких средств единообразны для любого вида опасности, предупреждаемой средствами подавления причин ее возникновения, то методический опыт воздушного транспорта может быть в полной мере использован и в сфере автомобильного транспорта с коррекцией

объема и содержания факторов, определяемых различием их назначения.

Границы указанного выше объема знаний определяются размерами их текущей совокупности, используемой для решения всех осмысленных на сегодняшний день задач в практике обеспечения БДД. Такая совокупность является базой формирования, также текущей, предметной области знаний и далее специализированной базы знаний в формате искусственного интеллекта, имитирующего естественный интеллект квалифицированных специалистов, знания которых преобразуются в компьютерные программы. Расширяющаяся база знаний создает возможность разработки теории обеспечения БДД с собственными объектами, предметами и методами, обеспечивающими обоснование комплекса методических средств предупреждения моментов возникновения причин смертности, вызванных нештатным исполнением регламентированной деятельности ответственных за обеспечение БДД должностных лиц. Эта база должна учитывать принципиальное изменение структуры видов ТС, участвующих в дорожном движении.

В настоящее время в нем участвуют электромотоциклы, ТС с гибридными силовыми установками и в ближайшей перспективе в него массово войдут БТС, которые в совокупности, по известному мировому опыту, способны усиливать опасность быстрее, чем способность человека противостоять ей, увеличивая цену совершаемых им ошибок и повышая его склонность к привыканию не только к опасности, но и к нарушению правил [1]. В результате может быть создана трудно устранимая помеха в процессе обеспечения нулевой смертности на дорогах России к установленному сроку. Последняя выступает внешним возмущающим фактором, повышающим уровень смертности в дорожном движении, и требует учета.

2.2. Алгоритмический аспект

А) Модель и форма алгоритмического (структурно-функционального) представления тягово-скоростной системы (ТСС) управления движением ТС. Оценка показателей перечисленных выше ее функциональных свойств (ФС) может быть осуществлена при наличии знаний внешних характеристик двигателя — зависимостей развиваемых им крутящего момента M_e и мощности N_e от скорости вращения коленчатого вала ω_e при максимальном положении педали управления подачей топлива $\alpha_{П, \max}$ [2].

Указанные характеристики, заводские и эксплуатационные, получают на стендах, использующих электрические или гидравлические нагрузочные тормозные устройства, обеспечивающие устойчивость удержания требуемой скорости вращения коленчатого вала ω_e при малых отклонениях нагрузки.

Пример: стенды германских фирм Bosch, МАН, используемые в том числе на станциях технического осмотра ТС для заявочного контроля отклонения параметров указанных характеристик двигателя от их исходных (паспортных) значений — $N_{\max}$, ω_N и $M_{\max}$, ω_M . При их наличии задача определения показателей ФС может быть решена двумя способами: графическим интегрированием статических характеристик элементов процесса преобразования заданных значений угловой скорости вращения ω_e — входного сигнала, в требуемые показатели ФС, а также способом структурного преобразования дифференциального уравнения тягового баланса сил в алгебраическое уравнение (преобразованием Лапласа) [2, 9, 10].

Б) Модель и форма представления систем организационного управления деятельностью по технической эксплуатации ТС.

Класс указанных систем, вне зависимости от их сложности и назначения, организуется по единообразным принципам разработки моделей сложных, в том числе и интеллектуальных управляемых систем. Они подвергаются декомпозиции по уровням их иерархии, рациональному расчленению их на элементарные подсистемы — от рабочих мест, реализующих требуемые функции (операции), до полноформатных производственных процессов их упорядоченного (системного) управления деятельностью различных видов, функционально связанных общей целью. При этом решается задача минимизации исходных данных, достаточных для получения качественных и количественных оценок достоверности получаемых результатов, обеспечивающих сравнение их между собой и возможных вариантов системной организации производственной деятельности.

Полноформатные иерархические, многофункциональные организационные системы и их уровневые составляющие — вплоть до локальных производственных структур нижнего уровня иерархии — все вместе представляют собой функционально связанные элементы общей системы обеспечения БДД. Количественная оценка

эффективности таких систем обеспечивается многозначной логической интерпретацией уровней показателей их основных функциональных свойств с помощью метода многозначных логических исчислений — «многозначной логики».

Указанный метод рассматривает три состояния системы, используемых для установления меры ответственности должностных лиц:

- работоспособное — 1, обеспечиваемое исполнением предусмотренной деятельности в соответствии с требованиями ее содержания;
- неработоспособное — 0, вследствие полного неисполнения указанных требований;
- неопределенное — внутри диапазона 0–1, с тремя и более состояниями, требующими знания обоснованно допустимых уровней возможного возникновения фактов опасности в дорожном движении.

Поскольку алгоритмическая (структурная) форма представления моделей процессов функционирования управляемых систем единообразна для любого их вида и назначения, то в качестве примера целесообразно привести модель системы организационного управления (рис. 1).

Приведенная на рисунке модель системы позволяет определить механизмы формирования показателей основных ее ФС — полной наблюдаемости процесса преобразования входного (системного управляющего) сигнала ($X_{вх}$) в соответствующий ему системный результат ($X_{вых}$) и локальные результаты на выходах X_1, X_2, X_3, X_4 каждого функционального элемента ($W_1 \div W_4$) прямого канала управления.

Моделью показателей ФС служат преобразования входных сигналов управления $X_{вх}$ и сигналов возмущения $X_{в1}$ и $X_{в2}$ в выходные сигналы $X_1 \div X_4$ и $X_{ош2}, X_{ош3}$, которые получают сверткой структурной модели системы до одного блока — в формате $X_{вх} \rightarrow X_{вых}$

Показателями являются преобразования $W = X_{вых} / X_{вх}$ — передаточные функции блоков, в которые входят показатели управляемости $W_y = X_{вых} / X_{вх}$, точности преобразования входного сигнала, оцениваемой относительной величиной ошибок $W_{ош} = X_{ош2} / X_{вх}$ и $X_{ош3} / X_{вх}$ и помехозащитности $W_{п} = X_{ош2} / X_{в1}$ и $X_{ош3} / X_{в1}$.

Приведенный в статье пример поиска новых обоснованных факторов, влияющих на уровень опасности на дорогах России, создает возможность расширения специализированной (научно обоснованной базы знаний) предметной области

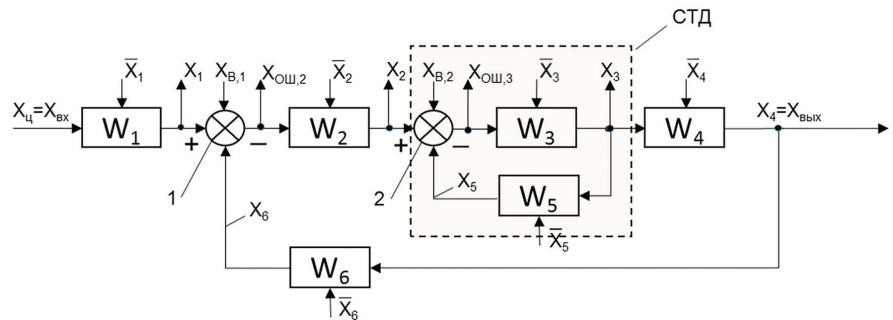


Рис. 1. Структурная математическая модель полностью наблюдаемой одноканальной системы в механизме формирования измерителей ее функциональных свойств [7, 13]: $X_{ц}$ — цели, удовлетворяющие потребностям общества в ОБДД; $X_1 - X_6$ — выходные сигналы как наблюдаемые параметры состояния системы (результат работы всех ее функциональных элементов, ФЭ); $W_1 - W_6$ — функции преобразования ФЭ входных сигналов в выходные (содержание, алгоритмы работы ФЭ): в хозяйствующем субъекте — W_4 , и в каналах обратных связей — W_5, W_6 (измерение, контроль, мониторинг); $X_{ош2}, X_{ош3}$ — сигналы системных ошибок (отклонений от штатной деятельности по отработке входных сигналов); $\bar{X}_1 - \bar{X}_6$ — массивы мер парирования системных ошибок; 1, 2 — блоки сравнения выходных сигналов с входными; $X_{в1}, X_{в2}$ — сигналы внешних возмущений системы.

знаний, трансформируемой в базу знаний в сегменте факторов и причин смертности людей в дорожно-транспортных происшествиях — в дополнение к сегментам объектов, предметов, процессов, технологий, других элементов — и использование их в российской практике ОБДД с учетом начавшегося процесса допуска к участию в нем беспилотных ТС. Поставленная государственная задача обеспечения на дорогах России нулевой смертности может быть решена при условии решения задачи формирования списка полного множества причин опасности, поддающихся осмыслению (не случайных) и не поддающихся (случайных). Эта работа потребует незамедлительного интенсивного участия в решении поставленной задачи российской науки и практики, чтобы обеспечить ее решение к установленному государством сроку. ■

Литература

1. Майоров, А. В. и др. Безопасность функционирования автоматизированных объектов / А. В. Майоров, Г. К. Москатов, Г. П. Шибанов. — Москва : Машиностроение, 1989. — 264 с.
2. Рябчинский, А. И. Динамика автомобиля и безопасность дорожного движения: учебное пособие / А. И. Рябчинский, А. А. Токарев, В. З. Русаков. — Москва : МАДИ, 2002. — 131 с.
3. Концепция обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования : утверждена распоряжением Правительства РФ от 25 марта 2020 г. № 724-р.
4. ГОСТ Р ИСО 39001–2014. Системы менеджмента безопасности дорожного движения (БДД). Требования и руководство по применению. — Москва :

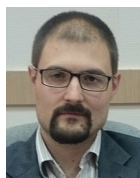
Стандартинформ, 2015.

5. Кравченко, П. А. Многоаспектный подход к решению проблемы обеспечения нулевой смертности на дорогах России / П. А. Кравченко, С. В. Жанказиев, Е. М. Олещенко // Journal. Transportation Research Procedia. — Vol. 50. — 2020. — P. 310–320.
6. Цижный Эрез. Все движение автотранспорта контролируется из центра. — Stop-газета. — 2005. — № 8.
7. Кравченко, П. А. Концепция обеспечения нулевой смертности на дорогах России как механизм борьбы с причинами дорожно-транспортных происшествий / П. А. Кравченко, С. В. Жанказиев, Е. М. Олещенко // Транспорт РФ. — 2019. — № 4. — С. 3–7.
8. Гамулин, А. Г. и др. Автоматизация управления безопасностью полетов. — Москва : Транспорт, 1988. — 116 с.
9. Кравченко, П. А. Терминологический и алгоритмический аспекты в проблеме обеспечения нулевой смертности на дорогах России / П. А. Кравченко, С. В. Жанказиев, Е. М. Олещенко // Транспорт РФ. — 2020. — № 2. — С. 36–42.
10. Кравченко, П. А. Алгоритмизация машинно-ориентированных задач расчета и испытаний автомобилей. / Кравченко П. А. [и др.] — Санкт-Петербург : Ротапринт ЛИСИ, 1991.
11. Safe Traffic-Vision Zero on the move. Swedish Transport Administration — 2012.
12. Всемирный доклад о предупреждении дорожно-транспортного травматизма. — Москва : Весь мир, 2004. — 280 с.
13. Кравченко, П. А. Концепция полной наблюдаемости систем предупреждения дорожно-транспортного травматизма / П. А. Кравченко, Е. М. Олещенко // Транспорт РФ. — 2015. — Спецвыпуск. — С. 25–31.

Технологический конкурс как прототип полигонных испытаний функциональной безопасности ВАТС



С. В. Жанказиев,
д-р. техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой
«Организация и безопас-
ность движения» Москов-
ского автомобильно-
дорожного государствен-
ного технического универ-
ситета (МАДИ)



А. И. Воробьев,
канд. техн. наук, доцент
кафедры «Организация
и безопасность движения»
МАДИ



А. В. Якутов,
канд. техн. наук,
исполнительный директор
Управления исследований
и инноваций
ПАО «Сбербанк России»

В мировом и отечественном автомобилестроении интенсивно развивается высокоавтоматизированный и беспилотный транспорт. При этом одним из наиболее актуальных вопросов является создание систем испытаний подобных транспортных средств. В этой связи интересен российский опыт проведения технологических конкурсов как метода тестирования и проверки функциональной безопасности ВАТС.

Необходимость проведения полевых испытаний высокоавтоматизированных транспортных средств (ВАТС) обусловлена двумя причинами. Во-первых, это исторически является основой для подтверждения функциональных характеристик автомобилей. Именно полевые испытания служат одним из завершающих этапов тестирования транспортных средств на обеспечение безопасности движения и подтверждение их эксплуатационных характеристик [1].

Во-вторых, такие испытания являются единственным способом, позволяющим внутри среды штатной эксплуатации оценить функциональную безопасность алгоритмов с элементами искусственного интеллекта, основанных на искусственных нейронных сетях. Ограниченные же натурные эксперименты позволяют оценить функциональную надежность по параметрам, которые нельзя смоделировать вне полевых испытаний. Исследование функциональной безопасности классических алгоритмов проводится с помощью реверс-инжиниринга и построения модели угроз функциональной безопасности.

Далее при выявлении угроз оценивается способность алгоритма с ними справиться. Но реверс-инжиниринг не может быть применим к ВАТС. Это связано с особенностью строения искусственных нейронных сетей, оценить функциональную безопасность и технические характеристики которых возможно только при всестороннем тестировании в условиях, приближенных к реальным. При этом очень важно обеспечить разнообразие и достаточное количество тестирований, так как даже небольшие изменения в штатной среде эксплуатации,

которые могут быть незаметны или неочевидны человеку, способны привести к некорректному поведению ВАТС, связанному с недоработкой алгоритма [5].

Полигонные испытания транспортных средств

ВАТС и беспилотные транспортные средства, в состав которых обязательно входят программные компоненты, включающие в себя алгоритмы, основанные на искусственных нейронных сетях, невозможно оценить вне экспериментальных тестов, проводимых в рамках полигонных испытаний. Полигонные испытания можно разделить на несколько типов. Первый — испытания в модельных условиях. Здесь может быть оценен самый широкий диапазон штатной среды эксплуатации с той или иной степенью ограниченности.

Следующий тип испытаний — тестирование, аналогичное сертификационным испытаниям, таким как Euro NCAP. Таким испытаниям подвергаются наиболее примитивные функции автоматизации, такие как, например, адаптивный круиз-контроль, системы экстренного торможения и поддержки полосы движения. Но при переходе автомобиля с низкого уровня автоматизации на высокий необходим уже другой тип испытаний — более сложные тесты, аналогичные таким, которые используются при получении водительских прав. Как при прохождении этих испытаний есть тесты, связанные с проверкой ограниченных функций вождения в открытой среде, так и при оценке алгоритмов автоматизированного вождения ВАТС необходимо проведение расширенных полигонных испытаний с последующим допуском ВАТС на доро-

ги общего пользования и проведением на них дополнительных тестирований [2].

За рубежом для проведения испытаний ВАТС полигоны для тестирования автомобильного транспорта дополняют специальными зонами, имитирующими городскую застройку, так как в таких условиях можно реализовать больше сценариев. Как правило, инфраструктура участка полигона, на котором проводятся испытания, включает в себя улично-дорожную сеть с различной геометрией дороги и развязками, перемещающиеся машины, имитирующие других участников дорожного движения, и манекены, которые без предупреждения появляются на проезжей части.

Также на полигонах часто имитируют здания, что позволяет тестировать ВАТС при блокировании их линии обзора и помехах для сигнала. В США в настоящее время существует более десяти крупных полигонов, например Virginia Smart Roads, GoMentum Station, Castle, Almono, Mcity и др. На всех полигонах есть возможности для проведения широкого перечня испытаний высокоавтоматизированных транспортных средств. В Европе также все крупные полигоны предоставляют возможности проводить разнообразные тестовые заезды.

Один из способов оценки уровня развития автоматизированных систем вождения и проведения испытаний по допуску транспортных средств — организация различного вида совместных заездов ВАТС без водителя. Подобные тесты регулярно проводятся за рубежом. Например, в феврале 2021 г. в китайском национальном парке Джиньгуйе был организован заезд беспилотных автомобилей по двухкилометровой зимней дороге. На участке проезда были смоделированы различные препятствия: внезапное появление снегоуборщика, отсутствие разметки, имитация пешеходов, снежная буря и др. Примером таких тестов в РФ может служить опыт проведения технологического конкурса «Зимний город» [3].

Технологический конкурс «Зимний город»

Целью проведения конкурса было преодоление технологического барьера в области беспилотных транспортных средств. Задачи, которые должен решать конкурс:

- разработка беспилотного транспортного средства, способного двигаться в автономном режиме в зимнее время года и в разное время суток с соблюдением правил дорожного движения в условиях городской инфраструктуры

при возможном отсутствии дорожной разметки, низкой различимости дорожного полотна, при наличии дорожного трафика и помех движению, на уровне среднестатистического водителя;

- формирование и поддержка коллективов, способных к преодолению технологических барьеров в области беспилотного транспорта;

- концентрация научно-технологических разработок, поиск и решение прорывных научно-технологических задач в области беспилотного транспорта;

- повышение привлекательности частных инвестиций в научно-технологические исследования, разработку и производство передовых продуктов в области беспилотного транспорта.

Во время подготовки конкурса условия трансформировались в соответствии с технологиями, продемонстрированными существующими компаниями в этой области в открытых источниках.

Например, решение задачи распознавания знаков дорожного движения или дорожной разметки демонстрировалось большим количеством раз различными компаниями. Уровень существовавших комплексов на момент проведения финала позволял распознавать знаки намного качественнее, чем это делает обычный человек, что уменьшало актуальность задания по стандартному распознаванию. Для усложнения задачи распознавания знаков при движении по участку дороги, согласно подготовленным статическим цифровым картам дороги, на маршрут были добавлены «временные знаки» и «временная разметка», которые подразумевали последующее изменение траектории движения ВАТС.

Именно для выявления качества работоспособности ВАТС в сложных дорожных условиях оставался комплекс задач, тестируемых на полигоне в рамках технологического конкурса «Зимний город». Конкурс проводился в три этапа: отборочный, квалификационный и финальный.

Отборочный этап представлял собой испытания входного контроля. Основной целью требований к ВАТС, предоставляемым участниками, были безопасность и сохранение структуры и принципов езды классической компоновки автомобиля. Это обусловлено тем, что на сегодняшний день существует большой выбор конструкций как двигателей, так и рам, которые обеспечили бы участникам ряд преимуществ при движении по полигону. Но ни одно из подобных решений на момент проведения конкурса не при-

менялось широко автопроизводителями. Таким образом, в случае отсутствия ограничений по конструкции, победу могло одержать транспортное средство, эксплуатация которого на дорогах общего пользования в ближайшее время была бы невозможна. Бортовое оборудование и программное обеспечение, которое команды использовали для автоматизации движения, не подвергались испытаниям входного контроля, но для обеспечения удаленного запуска / остановки / выключения ВАТС команд, а также контроля действий участников было необходимо обеспечить унифицированные пульта дистанционного управления (ДУ).

Унифицированные устройства должны были гарантированно обеспечить устойчивую работу на всей площади используемого участка полигона. Организаторами была выбрана многоуровневая беспроводная система аварийной остановки, состоящая из передатчика и приемника, обеспечивающая возможность безопасного управления беспилотным или автономным транспортным средством для дистанционной остановки на расстоянии до 9,5 км в прямой видимости. Также передатчик оснащен таймером, способным автоматически принудительно включить режим аварийной остановки при отсутствии сигнала, а встроенное питание обеспечивает пульту автономную работу до 12 часов. Аналогичные устройства предоставлялись участникам DARPA GrandChallenge [4].

Для квалификационного этапа были подготовлены следующие задания, успешное прохождение которых определяло готовность ВАТС к финальным испытаниям.

Объезд статического препятствия (имитация транспортного средства, снеговые кучи, дорожные работы и др.).

Преодоление регулируемого перекрестка с возможной имитацией движения пешеходов или ТС.

Обеспечение следования за транспортным средством, имитирующим движение в режиме разгона и полной остановки (пробочный режим).

Преодоление нерегулируемого перекрестка, оснащенного системой имитации движения пешеходов в разных направлениях.

Осуществление процесса постановки транспортного средства на стояночное место на указанной территории с соблюдением ПДД.

Проезд регулируемого перекрестка с распознаванием сигнала светофора с адекватной реакцией на транспортное

средство, имитирующее проезд с пересекающей дороги на запрещающий сигнал светофора.

Реализация поворота налево с второстепенной дороги на главную при наличии прочих ТС.

Проезд по контрольным точкам участка полигона с городской и пригородной застройкой по самостоятельно проложенному маршруту (учитывая последовательность контрольных точек).

Задание считалось выполненным, если при проезде не было касания препятствий и нарушений ПДД.

Финальный этап состоял из технического допуска, тренировочных и финального заездов.

Во время технического допуска судейской коллегией определялось соответствие ВАТС техническому регламенту. При выявлении несоответствий команда отстранялась от тренировочных и финального заездов.

Тренировочные и финальный заезды проходили на полигоне, имитирующем городскую и пригородную застройку. Схемы полигона и описание оснащения были известны участникам до начала финального этапа. При этом до начала заездов и испытаний в схему движения и элементы дорожной инфраструктуры, регулирующие направление, ограничение и приоритеты движения транспортных средств, могли вноситься изменения.

В ходе финального заезда ВАТС должны были преодолеть заданный маршрута протяженностью 50 км не более чем за 3 часа в зимнее время года и в разное время суток с соблюдением ПДД и при наличии других участников дорожного движения, в том числе ВАТС других команд.

Все заезды проходили на полигоне, специально подготовленном для проведения технологического конкурса.

На схеме (рис. 1) можно увидеть, что полигон включал в себя все основные элементы улично-дорожной сети: участки прямолинейного движения, повороты, перекрестки, кольцевое пересечение, развороты, сужения потоков.

Границы проезжей части были обозначены бортовым камнем, а стационарные элементы — переезд, автобусные остановки, линии наружного освещения, ограждения — в максимальной степени размещены по периметру. Светофорные

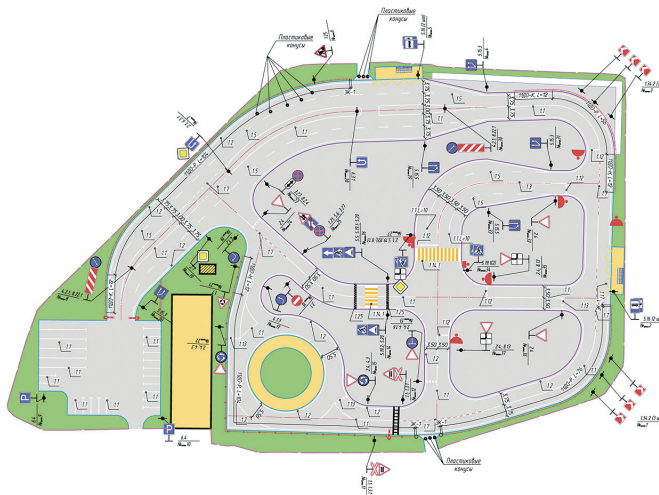


Рис. 1. Схема полигона, подготовленного для технологического конкурса «Зимний город»

объекты были предусмотрены в мобильном исполнении.

Для фиксации хода проведения испытаний была установлена система видеонаблюдения, позволяющая записывать испытания в круглосуточном режиме и хранить выполненные записи. Управление наружным освещением обеспечивало возможности воссоздания условий движения в темное время суток как с искусственным освещением, так и без него. Также было предусмотрено управление светофорными объектами (с возможностью изменения соответствующих циклов).

Благодаря продуманному и достаточному оснащению на полигоне можно было имитировать большое количество различных дорожных сценариев. Во время проведения конкурса в квалификационных заездах участвовало тринадцать команд, из которых в финальный этап вышли семь.

Возможность проведения заездов различных ВАТС в одинаковых условиях позволяет объективно оценить уровень их безопасности и надежности их работы. При проезде одинакового маршрута оценивается количество нештатных событий на 1 км или же длина дистанции, пройденной без сбоев. В целом на полигоне удалось провести большое количество тестирований, часть из которых, скорее всего, была бы недоступна участникам при условии самостоятельной организации тестовых проездов.

Проведение технологического конкурса «Зимний город» было нацелено на выявление технологий и коллективов, готовых разработать ВАТС, способное двигаться в автономном режиме в условиях городской инфраструктуры при возможном отсутствии дорожной разметки, низкой

различимости дорожного полотна, при наличии дорожного трафика и помех движению на уровне среднестатистического водителя. Такой формат испытаний ВАТС позволит ускорить развитие беспилотных технологий, дать разработчикам возможности для дополнительных тестирований и обмена опытом. Кроме того, проведение конкурсов может популяризировать сферу беспилотного транспорта и привлечь молодых специалистов.

Среди научно-исследовательских и научно-образовательных организаций целесообразно организовать проведение таких конкурсов на постоянной основе, так как необходимо не только тестировать рабочие системы и алгоритмы для допуска на дороги общего пользования, но и проводить испытания при оценке работоспособности разрабатываемых алгоритмов. При этом очевидно, что сертификационные тесты будут строго регламентированными, тогда как тесты разрабатываемых алгоритмов могут проводиться для проверки отдельных функций и формироваться разработчиками. Именно такие испытания могут обеспечить достаточное изучение работы алгоритмов с точки зрения функциональной безопасности ВАТС.

Т

Литература

1. S. Zhankaziev, Current Trends of Road-traffic Infrastructure Development // Transportation Research Procedia. — 2017. — Vol. 20. — P. 731–739. — P. 738–739.
2. Жанказиев, С. В. Технические и технологические особенности автономных транспортных средств / С. В. Жанказиев, А. И. Воробьев, Д. Ю. Морозов // Транспорт РФ. — 2019. — № 3 (82).
3. Технологические конкурсы Up Great. Date Views 31.05.2020. — URL: <https://city.upgreat.one/>.
4. S. Wooa, J. Youtieb, I. Ott, F. Scheuc, Understanding the long-term emergence of autonomous vehicles technologies. — Technological Forecasting and Social Change. — 2021. — Vol. 170.
5. S. Zhankaziev, A. Vorobyov, D. Morozov, Principles of creating range for testing technologies and technical solutions related to intelligent transportation systems and unmanned driving. — Transportation Research Procedia. — 2020. — Vol. 50. — P. 757–765.

Актуальные проблемы развития грузоперевозящего автотранспортного парка в РФ



И. И. Батищев,
канд. экон. наук, стар-
ший научный сотрудник,
заведующий научно-иссле-
довательским сектором
«Управление перевозками
грузов автомобильным
транспортом» ОАО «На-
учно-исследовательский
институт автомобильно-
го транспорта» (НИИАТ)



И. А. Можайская,
научный сотрудник на-
учно-исследовательского
сектора «Управление
перевозками грузов авто-
мобильным транспортом»
НИИАТ

В России при важной роли автомобильного транспорта в системе грузовых перевозок учет грузоперевозящего парка транспортных средств имеет ряд существенных недостатков. В этой связи представляется целесообразным внести предложения по совершенствованию соответствующих отраслевых показателей, а также по расширению сферы действия системы «Платон» на дорожной сети страны.

Роль грузового автомобильного транспорта (АТ) в общей транспортной системе нашей страны весьма значительна. В 2020 г. объем перевозок и грузооборот на АТ составили соответственно 5398,6 млн т и 271,5 млрд т-км. Его доля в объеме перевозок грузов всеми видами транспорта, включая трубопроводный и промышленный железнодорожный транспорт, достигла 55 %. При этом доля в грузообороте не превышает 5 %.

Среднее расстояние перевозки грузов АТ за последние 30 лет постоянно увеличивалось и в 2020 г. составило 52 км (в 2000 г. — 28 км, а в 1990 г. — 19,5 км). Объем коммерческих перевозок грузов на автотранспорте в 2020 г. равнялся 1443,6 млн т (доля в общем объеме перевозок АТ — 27 %), а грузооборот коммерческий — 149,9 млрд ткм (доля в общем грузообороте АТ — 55 %), с тенденцией за последние пять лет снижения доли в объеме перевозок и увеличения доли в грузообороте — на 3,0–3,5 %. При этом среднее расстояние на коммерческих перевозках также растет и составляет 104 км (рис. 1).

Для сравнения можно отметить, что на железнодорожном транспорте общего пользования среднее расстояние перевозки грузов значительно выше, чем на АТ и в 2020 г. составило около 2,0 тыс. км, на морском транспорте — 1,7 тыс. км, на внутреннем водном транспорте — 610 км, на воздушном транспорте — 5,9 тыс. км. Среднее расстояние перевозки на промышленном железнодорожном транспорте, практически не осуществляющем коммерческие перевозки, при учетываемом объеме перевозок 3,0 млрд т в год составляет 11 км.

При этом следует учитывать, что на других видах транспорта, за исключением промышленного железнодорожного, весь объем перевозок и грузооборот выполняются на коммерческой основе.

Для выполнения перевозок грузов на АТ используется значительный парк грузоперевозящих автотранспортных средств (ГП АТС), к которым относятся: оборудованные для перевозок грузов автомобили, прицепы и полуприцепы, включая используемые в сравнительно небольшом количестве (50–55 тыс. единиц) автофургоны на шасси легковых автомобилей для перевозок особо мелких партий грузов.

В настоящее время в Российской Федерации учет количества всех грузовых автотранспортных средств, как грузоперевозящих, так и используемых для иных целей, по ряду показателей (принадлежность, экологический класс, допустимая полная или максимальная масса транспортного средства и др.) осуществляется ГУ ОБДД МВД России в рамках раздела 3 «Количество автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов к ним, стоящих на учете. Форма № 1-БДД» (далее — раздел 3).

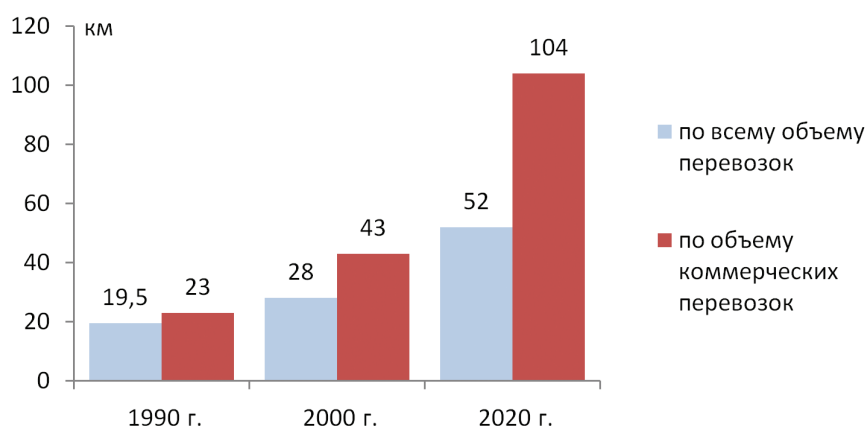


Рис. 1. Динамика среднего расстояния перевозки 1 т грузов на автомобильном транспорте

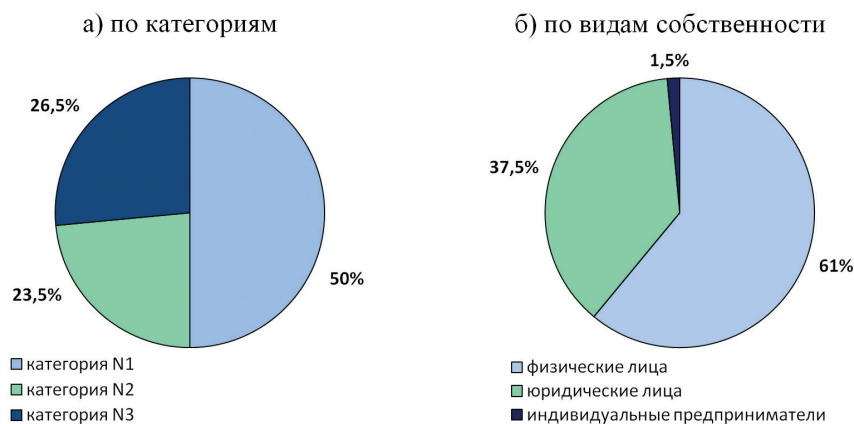


Рис. 2. Структура парка грузовых автомобилей в 2020 г.

Это происходит на основе выданных государственных номерных знаков, действующих в установленный период времени, как на механические грузовые автомобили (с силовой установкой для их самопередвижения), так и на прицепы к грузовым автомобилям и полуприцепы к седельным тягачам. По данным за 2020 г., количество всех механических грузовых автомобилей (МГА) с действующими государственными знаками, без учета прицепов и полуприцепов, составило 6 млн 654 тыс. единиц, в том числе: категории N1 — допустимая максимальная (или полная) масса до 3,5 т — 3 млн 325 тыс. единиц, или около 50 %; категории N2 — допустимая максимальная масса свыше 3,5 т, но не более 12 т — 1 млн 496 тыс. единиц, или 23,5 %; категории N3 — допустимая максимальная масса свыше 12 т — 1 млн 743 тыс. единиц, или 26,5 % от общего количества МГА. Из общего количества механических грузовых автомобилей доля принадлежащих физическим лицам по всем категориям составляет примерно 61 %, а индивидуальным предпринимателям — 1,5 % (рис. 2). Доля парка МГА в собственности юридических лиц составляет 37,5 %, в том числе иностранной — не более 0,15 % от всего парка МГА [1, 2].

Общие виды грузоперевозящих автомобилей по категориям приведены на рис. 3.

Количество всех прицепов и полуприцепов, включая к грузовым и легковым автомобилям и автобусам, в парке составило соответственно 2 млн 977 тыс. единиц и около 752 тыс. единиц с распределением по четырем категориям: O1 — допустимая максимальная масса не более 0,75 т; O2 — свыше 0,75 т, но не более 3,5 т; O3 — свыше 3,5 т, но не более 10 т; O4 — более 10 т. Структура парка прицепов и полуприцепов по категориям показана на рис. 4.

При этом следует отметить, что отдельно учет количества грузоперевозящих автомобилей, прицепов и полуприцепов в нашей стране не осуществляется, что является весьма существенным недостатком действующей системы учета, приводящим к необоснованной оценке ряда таких важных для экономики страны показателей, как грузовой потенциал парка АТС, выработка на одну списочную автотонну, потребное количество транспортных средств для установленного объема перевозок и др.

Распределение долей прицепов и полуприцепов по видам собственности показывает, что доля индивидуальных

предпринимателей (ИП) является весьма незначительной и составляет соответственно 0,8 и 1,4 %, в то время как доля физических лиц достигает соответственно 89 и 62,6 % [2].

Для установления роли и тенденций развития грузоперевозящего автомобильного парка РФ в общем транспортном комплексе страны на основе анализа выполняемой им работы необходимо учитывать его по основному показателю — количеству грузоперевозящих автотранспортных средств. В этой связи необходимо отметить, что фактически используемый для перевозок грузов парк грузовых автомобилей, прицепов и полуприцепов значительно меньше приведенного в разделе 3, поскольку в него включены не только грузоперевозящие АТС, но и автомобили специального назначения, не используемые для перевозок грузов. К ним относят автолавки, пожарные автомобили, автокраны, автовышки, топливозаправщики, автомастерские, автолаборатории, поливомоечные и подметально-уборочные автомобили, автоэвакуаторы, автомобили-снегоочистители и многие другие транспортные средства специального назначения, выполненные на базе грузовых автомобилей с учетом требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств», утвержденного решением комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 877 [9].

По некоторым оценкам, доля грузоперевозящих автомобилей в парке страны фактически составляет примерно 4,5 млн единиц, т. е. не более 70 % от приведенного в разделе 3 значения за 2020 г. (6,564 млн единиц). При этом в данный показатель включены также легковые автомобили с кузовом, фургоны для внутригородской перевозки особо мелких партий грузов. Показатели «грузоперевозящие прицепы» и «грузоперевозящие полуприцепы» должны быть установлены



Категория N1
Автомобиль семейства «Газель». Фактическая полная масса около 3,5 т, грузоподъемность 1,5 т



Категория N2
Автомобиль ЗИЛ-5301 («Бычок»), фактическая полная масса около 7 т, грузоподъемность до 3,5 т



Категория N3
Автопоезд в составе седельного тягача Scania и полуприцепа с тентовым кузовом, фактическая полная масса автопоезда до 40 т, грузоподъемность до 30 т

Рис. 3. Примеры общих видов грузоперевозящих автотранспортных средств, по категориям

Таблица. Парк грузовых автомобилей, прицепов и полуприцепов в 2020 г. с предлагаемыми дополнениями показателей учета

Показатели		Всего АТС физиче- ских лиц	В том числе находящихся в собственности		
			Индив. пред- приним.	Юридис- ских лиц	
Грузовые автомобили (всего)		6 564 385	3 914 444	73 873	2 557 520
Категории N1		3 325 559	2 238 108	31 726	1 045 919
Категории N2		1 496 164	794 622	20 861	677 431
Категории N3		1 742 662	881 714	21 286	834 170
Из них грузоперевозящие автомобили		—	—	—	—
включая	оборудованные для перевозки опасных грузов	71 301	26 720	2970	41 606
	оборудованные для перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов	39 508	13 472	873	25 158
	оборудованные для перевозки скоропортящихся грузов	—	—	—	—
	в т. ч. с принудит. регулированием температурного режима в кузове	—	—	—	—
Прицепы		2 977 255	2 633 476	14 024	325 728
Категории O1		2 350 414	2 216 576	7749	125 653
Категории O2		183 588	149 455	850	32 905
Категории O3		87 368	55 971	1103	29 696
Категории O4		355 885	211 474	4322	137474
Из них грузоперевозящие		—	—	—	—
включая	оборудованные для перевозки опасных грузов	8158	2860	162	5136
	оборудованные для перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов	10 364	4713	169	5482
	оборудованные для перевозки скоропортящихся грузов	—	—	—	—
	в т. ч. с принудит. регулированием температурного режима в кузове	—	—	—	—
Полуприцепы		751 814	455 969	4947	284 456
Категории O1		124 449	89 297	282	34 820
Категории O2		22 842	13 768	87	8984
Категории O3		41 927	26 352	607	14 806
Категории O4		562 596	326 552	3971	225 846
Из них грузоперевозящие		—	—	—	—
включая	оборудованные для перевозки опасных грузов	28 715	7822	275	9395
	оборудованные для перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов	15 223	6043	163	9017
	оборудованные для перевозки скоропортящихся грузов	—	—	—	—
	в т. ч. с принудительным регулированием температурного режима в кузове	—	—	—	—

Примечание. Приведенные курсивом показатели предлагается установить дополнительно в рамках действующей системы учета парка АТС.

дополнительно. Фрагменты значений показателей с предлагаемыми дополнениями приведены в таблице.

Представляется, что все грузовые автотранспортные средства необходимо дополнительно учитывать по показателям «из них грузоперевозящие» и «оборудованные для перевозки скоропортящихся грузов» наряду с соответствующими показателями парка для перевозок опасных, крупногабаритных и тяжеловесных грузов, учет которых в настоящее время установлен в разделе 3. При этом в показателе «оборудованные для перевозки скоропортящихся грузов» должен быть выделен

учет грузовых автофургонов с принудительным регулированием температурного режима в кузове, т. е. авторефрижераторов, что должно быть осуществлено с учетом Соглашения о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок (СПС), подписанного в Женеве 1 сентября 1970 г., а также правил перевозок грузов автомобильным транспортом, утвержденных постановлением Правительства РФ от 21.12.2020 г. № 2200 [8].

Особенностью учета грузового автопарка в РФ является распределение его по видам собственности. Доля механических грузовых автомобилей, находящихся в собственности физических лиц, является наиболее высокой, и в 2020 г., как уже было отмечено, она составляла не менее 61 %, а доля индивидуальных предпринимателей — не более 1,5 %. Можно предположить, что приведенные показатели принадлежности всего парка грузовых автомобилей условно могут быть распространены также и на долю грузоперевозящих АТС.

Доля прицепов всех категорий (О1, О2, О3 и О4), принадлежащих физическим лицам, составляет около 90 %. Однако из общего парка прицепов (около 3 млн единиц) доля грузоперевозящих прицепов, относящихся в основном к категориям О3 и О4, оценочно составляет около 27 %, или около 800 тыс. единиц. При этом основная доля прицепов относится к категории О1 (свыше 2,0 млн ед.), находится в собственности физических лиц — владельцев легковых автомобилей — и используется для личных бытовых целей.

Из общего количества полуприцепов в парке АТС (752 тыс. единиц) основная доля относится к категориям О3 и О4 (не менее 77 %) при использовании для перевозок грузов сочлененными автопоездами в составе седельных автотягачей и грузоперевозящих полуприцепов [6].

Таким образом, можно констатировать, что надлежащий учет грузоперевозящего парка АТС, в том числе прицепов и полуприцепов, на автомобильном транспорте РФ в настоящее время отсутствует. Это не позволяет установить их количество, задействуемое для перевозок всех грузов, в том числе в составе автопоездов с использованием грузоперевозящих прицепов и полуприцепов.

В соответствии с установленной системой учета количества АТС по состоянию на конец 2020 г. зарегистрировано оборудованных для перевозок опасных грузов (без учета соответствующих прицепов и полуприцепов) около 108,2 тыс. единиц, в том числе принадлежащих физическим лицам — 37,4 тыс. единиц и юридическим лицам — 56,1 тыс. единиц. Доля индивидуальных предпринимателей, владеющих такими АТС, не превышает 3,0 %. Общее количество грузоперевозящих АТС для перевозок опасных грузов, с учетом соответствующих прицепов и полуприцепов, составляет около 145 тыс. единиц [2].

Количество АТС, оборудованных для перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов, с учетом парка соответствующих прицепов (10,4 тыс. единиц) и полуприцепов (15,2 тыс. единиц), составляет более 90 тыс. единиц, в том числе принадлежащих физическим лицам — 35 тыс. единиц и юридическим лицам — около 40 тыс. единиц.

Особое значение приобретает учет парка грузовых АТС, используемых для перевозок грузов в междугородном и международном сообщении по государственной системе «Платон». В настоящее время она распространена на автотранспортные

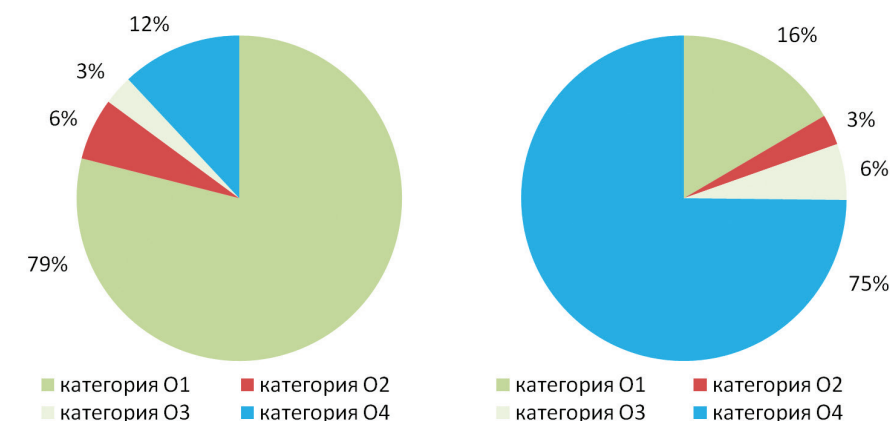


Рис. 4. Структура парка прицепов и полуприцепов по категориям

средства категории N3 с номинально установленной полной (допустимой максимальной) массой свыше 12 т при осуществлении движения с грузом или без него по автомобильным дорогам федерального значения, протяженность которых составляет около 55 тыс. км. По данным на конец первого полугодия 2021 г., в системе «Платон» зарегистрировано около 1,5 млн грузовых АТС, принадлежащих свыше 650 тыс. перевозчикам, из которых 75 % составляют российские и 25 % — иностранные. Из общего количества АТС, зарегистрированных в системе «Платон», 69 % принадлежат физическим лицам, 23 % — юридическим, 8 % — индивидуальным предпринимателям. При этом перевозчикам выдано около 2,5 млн единиц бортовых устройств ГЛОНАСС и оформлено более 2,5 млн маршрутных карт.

Об эффективности функционирования системы «Платон» свидетельствует размер собранного дорожного фонда — около 130 млрд руб., израсходованного в основном на строительство и ремонт свыше 3300 км автомобильных дорог, 130 мостов и других сооружений дорожной инфраструктуры [3].

В заключение представляется возможным сформулировать следующие выводы и предложения:

1. Действующая в РФ система учета грузовых автотранспортных средств (без выделения специальной автотранспортной техники, не осуществляющей перевозки грузов) не позволяет установить размер грузоперевозящего парка АТС и не предусматривает выделение важнейшего вида транспортных средств для перевозок скоропортящихся грузов. В связи с этим целесообразно в представленной форме учета наряду с графой «грузовые автомобили всего» внести дополнительную графу «в том числе грузоперевозящие автомобили» по категориям N1, N2

и N3 с распределением по установленным видам собственности «физические лица, индивидуальные предприниматели и юридические лица» [4].

2. В указанной форме учета в разделе, касающемся грузовых АТС, после раздела «оборудованные для перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов» целесообразно внести дополнительно графу «оборудованные для перевозки скоропортящихся грузов», с выделением в ней «в том числе с принудительным регулированием температурного режима в кузове».

3. Для устранения экспертной оценки показателей представляется целесообразным обеспечить учет грузовых АТС по всем установленным и предлагаемым показателям, включая учет грузоперевозящих прицепов и полуприцепов.

4. Учитывая высокую эффективность реализации системы взимания платы за движение грузовых АТС с повышенной полной массой по важнейшим автомобильным дорогам страны, а также в целях более полной компенсации затрат на ремонт и восстановление дорог и дорожной инфраструктуры, представляется целесообразным распространить положительный опыт системы «Платон» с учетом взимания установленной платы за проезд грузовиков не только на федеральных автомобильных дорогах, но и на основных участках дорожной сети регионального значения [5].

5. Используя опыт ряда европейских стран, целесообразно расширить номенклатуру автотранспортных средств, с владельцев которых такая плата могла бы быть установлена, начиная с полной массы не менее 8 т (за исключением грузовых АТС специального назначения).

6. Следует обратить особое внимание на чрезмерно высокую долю владения грузовыми АТС физическими лицами

и крайне низкую — индивидуальными предпринимателями. Такое положение в распределении владельцев грузовых АТС является базой для массового распространения «теневое» рынка грузоперевозок, доля которого по некоторым оценкам составляет не менее 50 % от объема перевозимых АТ грузов [6].

7. При сравнительно небольшой доле коммерческих перевозок грузов (27 % от всего объема) и перевозок для собственных нужд предприятий и организаций (оценочно примерно 15–20 % от всего объема) при «теневом» рынке отмечается массовое уклонение от уплаты налогов, а также широкое использование устаревшего парка грузовых АТС, средний возраст которых ежегодно увеличивается и, по некоторым оценкам, в настоящее время для категорий N2 и N3 составляет не менее 14 лет при нормативе 10–12 лет, с вытекающими негативными последствиями в части обеспечения безопасности дорожного движения, загрязнения окружающей среды, роста транспортных издержек и пр.

8. Одним из важнейших направлений решения проблемы «теневое» рынка яв-

ляется введение разрешительной системы на перевозки грузов в РФ (по существу, возрождение системы лицензирования), принятой в большинстве стран мира, с учетом установления жесткого контроля на дорогах страны за работой перевозчиков, включая широкое использование средств автоматизированного контроля с применением спутниковых навигационных систем. Следует рассмотреть также вопрос о введении в стране значительных ограничений по продаже физическим лицам грузоперевозящих АТС, в первую очередь, категорий N3 и N2.

Литература

1. Транспорт в России. — Москва : Росстат, 2020.
2. Материалы ГУ ОБДД МВД России по учету количества автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов, стоящих на учете : раздел 3, форма № 1-БДД, 2020.
3. Информационные материалы государственной системы «Платон», 2021.
4. Батищев, И. И. Рынок автомобильных грузоперевозок в России: основные проблемы и предложения // Транспорт

Российской Федерации. — 2018. — № 1.

5. Батищев, И. И. Динамика перевозок грузов и некоторые проблемы автомобильного транспорта // Научный вестник автомобильного транспорта. — 2016. — № 3. — С. 5–10.
6. Батищев, И. И. Проблемы регулирования рынка грузовых автомобильных перевозок / И. И. Батищев, И. А. Можайская // Научный вестник автомобильного транспорта. — 2019. — № 1. — С. 11–15.
7. Батищев, И. И. Грузовой автомобильный транспорт в решении проблемы сохранности автомобильных дорог // Научный вестник автомобильного транспорта. — 2013. — № 2 — С. 5–7.
8. Правила перевозок грузов автомобильным транспортом : утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 21.12.2020 № 2200.
9. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» : утвержден решением комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 877 (ред. от 21.06.2019).

28-30 СЕНТЯБРЯ

УФА 2021

ВДНХ ЭКСПО

ТРАНСПОРТ
TRANSPORT OF THE URALS
VI specialized Forum and Exhibition



VI специализированный
форум и выставка

УРАЛА

www.uraltransexpo.ru
(347) 246-42-00, 246-42-29
avto@bvkexpo.ru

@transforumufa
Транспортный форум

www.uraltransexpo.ru

#транспортныйфорум #транспортурала

ПРАВИТЕЛЬСТВО
РЕСПУБЛИКИ
БАШКОРТОСТАН

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
И ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

ГОСУДАРСТВЕННОЕ КАЗЕННОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ТРАНСПОРТНАЯ ДИРЕКЦИЯ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

БВК БАШКИРСКАЯ
ВЫСТАВОЧНАЯ
КОМПАНИЯ

Логистика перевозочного процесса железных дорог



Д. Ю. Левин,
д-р техн. наук

Логистика эксплуатационной работы железных дорог изучает помехи, риски, возникающие в перевозочном процессе, и вырабатывает механизмы борьбы с ними. Первая часть статьи опубликована в предыдущем номере журнала [1]. Во второй части статьи представлен развернутый анализ недостатков инфраструктуры, рекомендации по управлению поездообразованием и бюджетированию перевозочного процесса.

Ограничения инфраструктуры

Задачи по развитию инфраструктуры железных дорог уже долгое время входят в состав наиболее значимых. Это нашло отражение в федеральной целевой программе «Развитие транспортной системы Российской Федерации на период до 2030 г.». В отношении железных дорог отмечено, что нагрузка на железнодорожную инфраструктуру продолжает возрастать при отсутствии существенных улучшений уровня ее развития и технической оснащенности. При практически постоянной протяженности железнодорожной сети растет грузонапряженность на 1 км эксплуатационной длины железных дорог, которая превысила 24,9 млн ткм/км (в среднем по сети), что существенно выше уровня нагрузки на железнодорожную инфраструктуру в других странах.

В результате протяженность проблемных в отношении пропускной способности мест составляет 7,6 тыс. км, или более 16 % протяженности основных железнодорожных направлений. На сети железных дорог продолжают эксплуатироваться инфраструктурные объекты с истекшим сроком службы, а также построенные по устаревшим техническим нормативам в начале XX в. Из-за дефицита средств своевременно не проведены капитальный ремонт или модернизация железнодорожного пути протяженностью около 20 тыс. км.

При проектировании новых трасс железных дорог стремление сократить объем строительных работ и удешевить строительство на многие сотни лет значительно ухудшает эксплуатационные условия больших направлений: снижает весовую норму поездов и сокращает размеры движения. То есть экономия при строительстве железных дорог, как правило, вызывает несоизмеримо большие затраты в дальнейшей их эксплуатации.

Существующую практику проектирования и строительства железных дорог рассмотрим на примере 204-километровой трассы Белорецк — Карламан, которая была призвана значительно сократить излишние пробеги вагонов на направлении Экибастуз — Целиноград — Магнитогорск — Самара — Москва. Здесь идет поток массовых грузов — угля, железной руды, зерна, нефти. Железная дорога Белорецк — Карламан сокращала их путь на 500 км. Значительную разгрузку должно было получить направление Уфа — Челябинск [2].

Исходный грузопоток определял требуемую пропускную способность не менее 60 пар поездов в сутки. Поэтому первоначально проектировали двухпутный участок. Но стремление удешевить строительство привело к тому, что был построен однопутный участок с уклоном 18 ‰. Расходы сократили на 38 %, а возможности по пропуску поездов — в несколько раз. В результате после сдачи участка в эксплуатацию удалось построить график движения с использованием толкачей и строенной тяги всего на 12 пар поездов. А фактически в таких эксплуатационных условиях удавалось пропускать не более шести пар поездов в сутки. Естественно, сразу же возникла необходимость в прокладке второго пути, но земляное полотно для этого не было отсыпано, мосты и другие искусственные сооружения возводились без учета дальнейшего развития дороги. Получилось, что надо проектировать еще одну линию. Таким образом, удешевление строительства железной дороги, ставшее самоцелью, не позволило решить первоначально поставленную задачу.

Другой причиной дефицита путей на перегонах являются расстановки проходных светофоров и недостатки современных средств связи по движению поездов. В инструкции станционные

и межпоездные интервалы определены как основные элементы графика движения поездов. В то же время одним из важнейших слагаемых в существующих формулах расчета пропускной способности двухпутного участка является межпоездной интервал, из-за которого возникает замкнутый круг.

С одной стороны, по расчетному интервалу попутного следования поездов определяют места установки проходных светофоров на перегонах и устанавливают длину блок-участков. Она должна быть не меньше тормозного пути при полном служебном и автостопном торможении после проследования поездом светофора с желтым сигнальным огнем с максимальной скоростью, реализуемой в данном месте пути. С другой стороны, длина блок-участков сама определяет возможную интенсивность движения поездов и пропускную способность участка.

При этом проблема замкнутого круга состоит в том, что длина блок-участков определяется по минимальной величине расчетного межпоездного интервала и максимально допустимой скоростью движения поездов, в то время как фактически ситуация выглядит иначе.

Во-первых, на участках по различным причинам действуют ограничения скорости движения поездов. Во-вторых, при управлении поездов машинистами невозможно обеспечить синхронность движения транспорта, т. е. строгое соблюдение межпоездных интервалов и нормативного времени хода. Несинхронность движения поездов усугубляется требованием следования на желтый огонь путевого светофора с ограниченной скоростью при подходе и отправлении их с раздельного пункта и на затяжных подъемах. В-третьих, для остановки поезда в самых неблагоприятных условиях достаточно

одного блок-участка, в то время как при трехзначной автоблокировке предусмотрен интервал между поездами не менее трех блок-участков. В-четвертых, в настоящее время почти на всех участках сети железных дорог установлена максимально допустимая скорость движения поездов ниже, чем предусмотрена ПТЭ. В-пятых, распространенное на сети железных дорог перенасыщение грузонапряженных участков поездами приводит к следованию на желтый и красный огни светофоров, снижению ходовой скорости и уменьшению требуемого тормозного пути.

В результате длина блок-участков, определяемая по межпоездному интервалу, оказывается значительно больше длины, необходимой для обеспечения безопасности движения поездов. Такая расстановка светофоров приводит к занижению наличной пропускной способности участков (рис. 9) [3].

Но существующая конструкция автоблокировки не позволяет оперативно менять расстановку путевых светофоров исходя из реального тормозного пути. Необходимость в этом видна из графика на рис. 10, на котором для сохранения наличной пропускной способности показано, как при изменении максимально допускаемой скорости движения поездов должна меняться длина блок-участков. Это станет возможным в недалеком будущем при использовании спутниковой навигации, когда для организации движения поездов перестанут пользоваться путевыми светофорами и рельсовыми цепями.

Уменьшение протяженности блок-участков при трехзначной автоблокировке позволяет сократить межпоездной интервал (рис. 11).

При автоблокировке принято движение поездов «под зеленый на зеленый

огонь светофора», т. е. максимально допустимая скорость движения и минимальный межпоездной интервал должны обеспечивать следование поездов только на зеленое показание светофоров.

Неидентичность пространственных (S) и временных (I) интервалов вызвана неодинаковым планом и продольным профилем пути и разной скоростью движения поездов. Минимальные и максимальные величины пространственных и временных интервалов на участках могут отличаться в 2–3 раза (рис. 12).

Неидентичность временных (I) интервалов, кроме указанных выше причин, дополнительно вызвана ограничениями скорости движения поездов, разгонами при трогании с места, замедлениями при остановках и опробованием автотормозов на первых двух блок-участках после выходного светофора. Увеличение диапазона распределения временных интервалов также связано с параллельной прокладкой «ниток» графика движения для грузовых, пригородных и пассажирских поездов.

При трехзначной автоблокировке предусмотрено разграничение попутно следующих поездов не менее чем тремя блок-участками. Исходя из этого и с учетом расчетного межпоездного интервала, с которым следуют поезда с установленной скоростью, выбирают места установки проходных светофоров на перегонах. Длина блок-участков должна быть не менее тормозного пути при полном служебном и автостопном торможении после проследования поездом светофора с желтым сигнальным огнем с максимальной скоростью, реализуемой в данном месте пути. При этом предусматривается, что поезд должен быть обеспечен минимальным тормозным нажатием исходя из установленных нормативов.

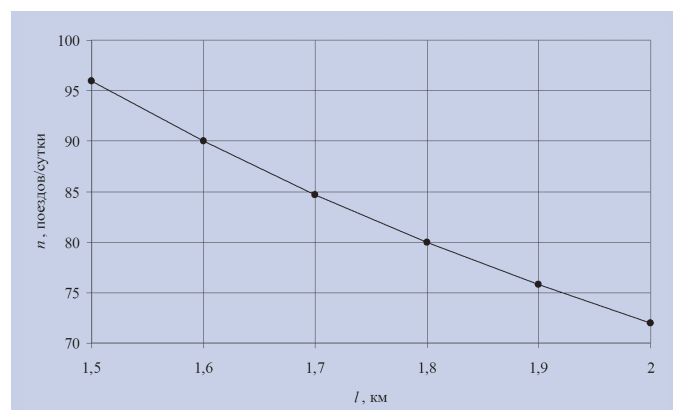


Рис. 9. Зависимость между средней длиной блок-участков и наличной пропускной способностью участка

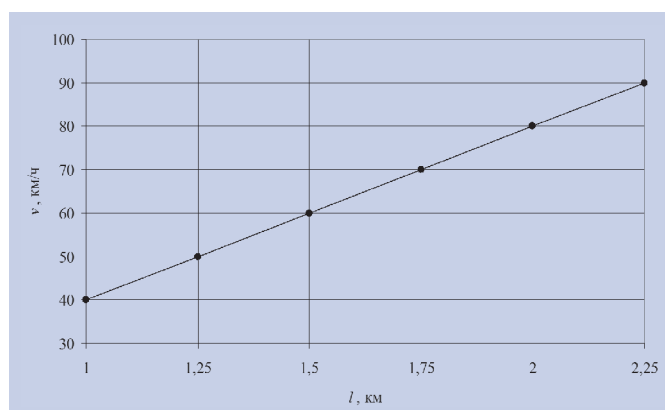


Рис. 10. Изменение средней длины блок-участков в зависимости от максимально допускаемой скорости движения поездов для сохранения наличной пропускной способности участка

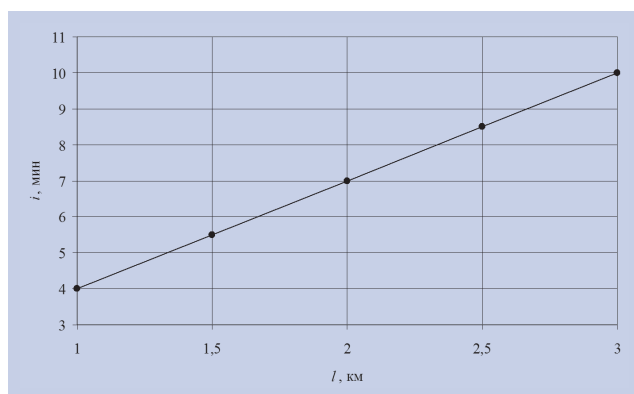


Рис. 11. Влияние длин блок-участков на межпоездный интервал

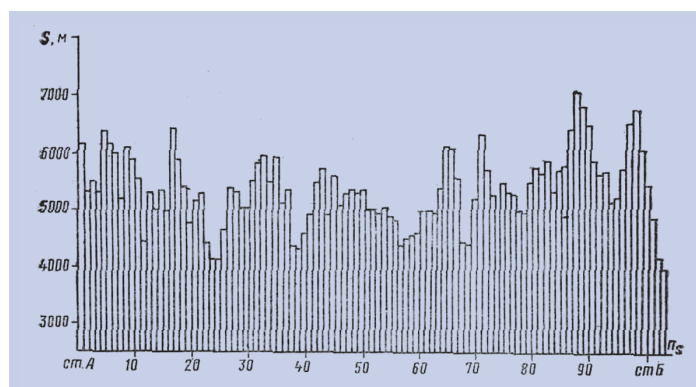


Рис. 12. Пространственные интервалы между поездами на участке при следовании на зеленые показания светофоров

Расстановка проходных светофоров для обеспечения минимального разграничения поездов тремя тормозными путями в реальной поездной работе подвержена влиянию различных дополнительных факторов и не позволяет реализовать расчетную пропускную способность. Среди дополнительных факторов, влияющих на длину блок-участков, — несинхронность движения поездов, сверхграфиковые ограничения скорости движения, различия в проследовании станций (с остановкой или без нее, движение по главным или боковым путям) и т. д.

При строгом соблюдении расстояния между проходными светофорами, равном тормозному пути, несинхронность движения поездов и наличие ограничений скорости приведут к следованию поездов на чередующиеся показания зеленого и желтого сигналов. Для сохранения в этих условиях максимально допустимой скорости движения поездов можно применять четырехзначную автоблокировку или трехзначную автоблокировку, но четырехзначную автоматическую локомотивную сигнализацию (АЛСН). Оба эти решения при существующем ограничении скорости движения поездов на желтый сигнал светофора вызовут увеличение межпоездного интервала и снижение различной пропускной способности.

Для приведения длин блок-участков в соответствие с тормозным путем при несинхронности движения поездов и наличии ограничений скорости целесообразно рассмотреть следование поездов на желтый сигнал светофора без снижения скорости. Это возможно потому, что желтый огонь светофора ограждает впереди лежащий свободный блок-участок, длина которого не меньше тормозного пути. Этого достаточно для остановки поезда, следующего с максимально допустимой скоростью.

Зачем же снижать скорость поезда сразу после проследования зеленого показания светофора? Блок-участок между зеленым и желтым огнями светофоров поезд должен ехать с максимально допустимой скоростью. Тем более что существующие системы автоматического управления тормозами обеспечивают: измерение фактической скорости движения поезда и сопоставление ее с допустимой по условиям безопасности движения; измерение эффективности тормозов поезда; подачу машинисту поезда предупредительных сигналов о необходимости включения тормозов для снижения скорости движения поезда и т. д.

Современная организация движения поездов при автоблокировке предусматривает следование поездов «с зеленого на зеленое» показание светофоров. Для этого на перегонах требуется не менее 3 блок-участков между поездами. Но каждый блок-участок — это тормозной путь поезда в самых неблагоприятных условиях. Таким образом, для остановки поезда при необходимости достаточно одного тормозного участка. Так излишними блок-участками между поездами значительно снижается пропускная способность. Обеспечить минимальный интервал между поездами и существенный прирост пропускной способности участков сможет применение спутниковой навигации [4].

Почему чем крупнее станция, тем напряженнее работа дежурного? Нет, не из-за объема работы, а потому, что острее сказывается дефицит путей. И, к сожалению, он заложен в современные нормы проектирования станций.

Самые крупные отечественные сортировочные станции (Свердловск-Сортировочный, Бекасово-Сортировочное, Орехово-Зуево) перерабатывают пять-шесть составов в час, а поезда прибывают в количестве от нуля до десяти в час. К чему

это ведет? Если прибывает меньше пяти поездов в час, то невосполнимо теряется перерабатывающая способность сортировочных горков. А если больше шести? Возникают простои поездов у входного светофора из-за несвоевременного приема и межоперационные простои вагонов на станции. Простои поездов у входного светофора еще вызваны недостатком путей на станции из-за того, что в «Правилах и технических нормах проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. ЦД-858» предусмотрен коэффициент неравномерности прибытия поездов 1,15.

Подтверждением, что экономить надо не на проектировании и строительстве, а на эксплуатации железных дорог, служит практика США. Число путей на станциях там определяется возможностью переработки за 3 часа полусуточного вагонопотока. Отсюда некоторые сортировочные станции США имеют парки по 150 путей, а отечественные крупнейшие станции в сортировочных парках — не более 48 путей. С повышением веса и длины поездов возникла большая нехватка путей на станциях.

Время нахождения транзитных вагонов с переработкой на сортировочных станциях в настоящее время раскладывается так: 20 % — выполнение операций технологического процесса работы станций, 40 % — накопление составов в сортировочном парке и 40 % — межоперационные простои. То есть почти половина времени нахождения вагонов на сортировочных станциях — это непроизводительный простой.

Оперативное управление работой сортировочной станции целесообразно рассматривать как работу самой станции (выполнение норм времени технологического процесса и объем переработки) и внешние условия, характеризующиеся

прежде всего равномерностью подвода поездов и своевременностью вывоза их со станции. То есть если внешние условия складываются стихийно, то усилий работников станции оказывается недостаточно, чтобы реализовать пропускную и перерабатывающую способность станции.

Для решения задачи сбалансированного развития интегрированной инфраструктуры транспортных коммуникаций требуется выполнение следующих мероприятий:

- расширение полигона обращения тяжёловесных поездов;
- специализация отдельных линий на преимущественно грузовых или пассажирских перевозках;
- закрытие малодоходных линий и станций или определение источников их финансирования, строительство новых железнодорожных линий с целью создания инфраструктурных условий для комплексного освоения новых территорий и месторождений;
- модернизация искусственных сооружений и путей, не соответствующих современным стандартам и требованиям;
- государственное финансирование строительства и реконструкции магистральных железнодорожных линий, имеющих принципиальное значение для экономики и безопасности государства.

Таким образом, надо перестать экономить на проектировании и строительстве железных дорог и сосредоточиться на повышении эффективности перевозочного процесса и выполнении установленных сроков доставки пассажиров и грузов.

Управление поездобразованием

Реализовать управление технологией можно, только имея информацию о предстоящих событиях, т. к. прошедшие и происходящие в настоящее время можно лишь фиксировать или анализировать. Поэтому важной составляющей управления технологией является прогнозирование [5].

Для того чтобы диспетчерский аппарат мог своевременно и эффективно реализовать многогранные возможности управления, технологические решения всех эксплуатационных задач должны быть формализованы и представлены автоматизированной системой. Диспетчеру останется только ввести исходные данные и получить варианты решения. Это необходимо, т. к. по окончании смены диспетчер должен представить обоснование всех принятых решений по оперативной

корректировке нормативно-технологических документов.

Для увеличения глубины планирования составообразования целесообразно переходить от выполнения расчетов для отдельно взятых сортировочных станций к комплексному выполнению расчетов для сортировочных станций дороги или полигона сети в информационно-вычислительных центрах железных дорог. Тогда расчеты будут выполняться в два этапа.

На первом этапе расчеты выполняются так же, как и сейчас, — отдельно для каждой сортировочной станции. План составообразования на сортировочных станциях не что иное, как дальний подход к другим сортировочным станциям. Если на втором этапе продолжить моделирование процесса накопления на основе дальнего подхода, то можно довести глубину планирования составообразования до необходимых 24–30 часов. Таким образом, автоматизированное моделирование процесса накопления составов позволит поставить диспетчерский аппарат впереди событий [6].

Начальным моментом логистической цепочки управления поездной работой является зарождение поездов: планирование составообразования, обеспечение составов локомотивами, бригадами, «нитками» графика движения с необходимыми для этого регулировочными мероприятиями, планирование предстоящего пропуска и подвода поездов к техническим станциям и смены локомотивов в пути следования (рис. 13).

Планирование составообразования и пропуск поездов по участкам — две ключевые задачи оперативного управления поездной работой. Выходная информация каждой из этих задач является входной для другой задачи. Совместное итеративное решение этих задач значительно раздвигает временные рамки оперативного планирования поездной работы.

С планов составообразования целесообразно начинать планирование и управление поездной работой на дороге. План составообразования вместе с планом пропуска транзитных поездов является исходной информацией для организации вызова локомотивных бригад и регулирования локомотивным парком.

Вследствие посуточных и внутрисуточных колебаний назначения плана формирования может становиться меньше минимальной величина вагонопотока, удовлетворяющего достаточному условию, а не выделенные в самостоятельные

назначения вагонопотоки — превышать эту минимальную величину.

В качестве инструмента для оперативного слежения и своевременной отмены неэффективных назначений поездов и выделения струй вагонопотоков, ставших эффективными, предлагается непрерывное моделирование процесса накопления составов на сортировочных станциях. Модель накопления ведется на основе подхода поездов.

Сравнение нормативных и фактических затрат времени на накопление составов на основе подхода поездов позволит диспетчеру заблаговременно увидеть изменение размеров вагонопотоков и еще до прибытия вагонов на станцию принять решение о необходимой корректировке плана формирования. На рис. 14 показан фрагмент графика накопления поездов, где появление красного цвета говорит о необходимости временной отмены маломощного назначения, а зеленого цвета — о целесообразности временного введения возросшего назначения, ранее не включенного в план формирования [7].

Заблаговременное моделирование процесса накопления составов позволит ликвидировать стихийность перевозочного процесса и «самотек» движения поездов. Вместо пассивного планирования составообразования путем часто неэффективного накопления вагонов предлагается переход к управлению поездобразованием, в процессе которого появляется возможность учитывать изменение мощности вагонопотоков и реальной эксплуатационной ситуации, возможность своевременного обеспечения сформированных составов поездными локомотивами, обеспечение «ниток» графика движения поездами, недопущение перенасыщения участков поездами, загрузку сортировочных станций, при необходимости помощь грузовым станциям и т. д. Это позволит эффективно организовать вагонопотоки, оптимально использовать подвижной состав, пропускную и провозную способности участков, перерабатывающую и выгрузочную возможности станций.

Непосредственное управление перевозочным процессом в настоящее время сосредоточено на станциях и участках, оперативное руководство которыми изолировано, потому что диспетчерский аппарат отвечает только за свой объект. Формально над станционным и поездным диспетчерами существуют оперативные руководители, но они в основном просто

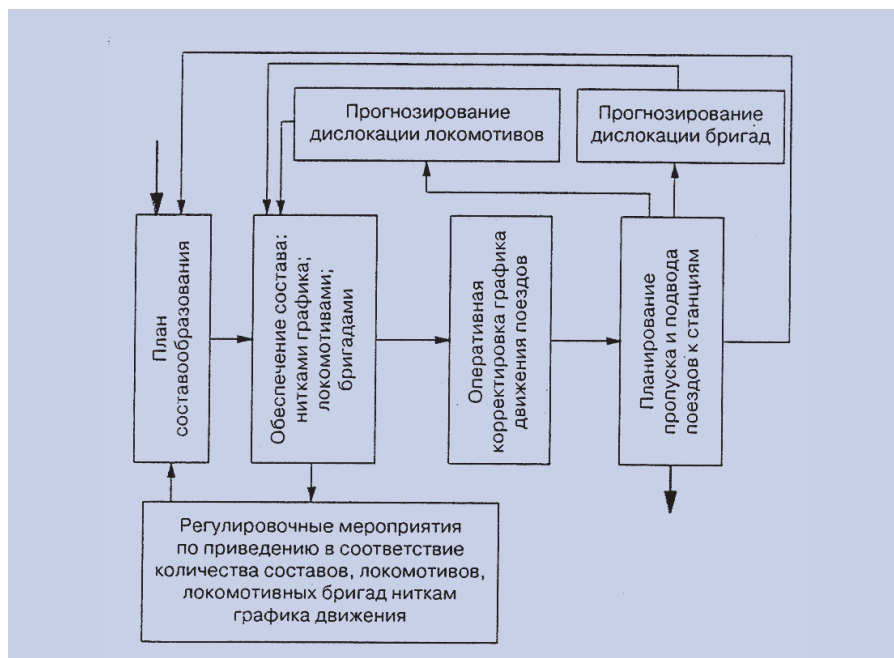


Рис. 13. Логистическая цепочка оперативного управления поездной работой

фиксируют работу, потому что получают информацию о прошедших или происходящих событиях, которыми уже поздно управлять.

Таким образом, управление поездобразованием позволит принципиально по-новому руководить перевозочным процессом:

- формировать такое число составов, которое своевременно будет обеспечено локомотивами и «нитками» графика движения поездов;
- со станций формирования отправлять такое число поездов, которое не приведет к перенасыщению участков;
- на сортировочные станции поступит такое число поездов, которое позволит работать в оптимальном режиме;
- на станциях смены локомотивов будет обеспечена парность прибытия поездов;
- при затруднениях работы грузовых станций будет оказана своевременная помощь подборкой вагонов и т. д.

Оперативное управление поездобразованием даст возможность значительно повысить эффективность управления перевозочным процессом за счет действительного перехода от информационных к управляющим автоматизированным системам. Построение логистических цепей перевозочного процесса позволит организовать более эффективное взаимодействие многочисленных предприятий железнодорожного транспорта, увязать действие нормативно-технологических документов, оптимизировать использо-

вание пропускной, провозной, перерабатывающей, погрузочно-выгрузочных способностей предприятий, увеличит производительность подвижного состава.

Бюджетирование

Общепринятые положения экономики без учета особенностей перевозочного процесса часто создают трудности в работе железных дорог. Как объяснить, что почти все зарубежные железные дороги уже несколько десятилетий развивают высокоскоростное движение, а в нашей стране с самой большой территорией инвестирование этого прогрессивного мероприятия считается недостаточно эффективным? А взять современные тарифы, которыми недовольны как перевозчик, так и грузовладельцы, потому что они далеки от фактической себестоимости перевозки различных грузов и на разные расстояния. Это создает некоторую неопределенность в получаемых доходах. Если продолжить логическую цепочку, то это, в свою очередь, снижает заинтересованность (мотивацию) в уменьшении расходов и объясняет невысокую рентабельность отрасли.

Логистика перевозочного процесса недостаточно взаимодействует с логистической экономикой железных дорог. Об этом свидетельствует формирование параметров бюджета, исходными данными которого служит отчет о работе за прошедший месяц, вместо использования результатов технического нормирования эксплуатационной работы железных дорог на предстоящий месяц.

Для обеспечения выполнения месячного плана перевозок грузов техническое нормирование эксплуатационной работы решает следующие задачи:

- определение объема перевозок на предстоящий месяц (в среднем за сутки) и распределение его по дорогам и крупным станциям;
- расчет показателей, обеспечивающих выполнение этого объема работы;
- распределение технических средств и ресурсов по железнодорожным подразделениям в соответствии с объемом их работы.

Результатом решения этих задач является система количественных и качественных, т. е. натуральных показателей. В рыночных условиях этого недостаточно. Техническое нормирование эксплуатационной работы необходимо дополнять экономическими и финансовыми результатами, которые должны быть заданием руководителям перевозочного процесса по всей вертикали.

При этом объектами бюджетирования следует делать не только доходы и расходы железных дорог и их подразделений, т. е. денежные потоки, связанные с перевозочным процессом, но и показатели эксплуатационной работы, которые их определяют. Причем не формально, как в настоящее время [8].

Пока бюджетное планирование не будет связано с техническим нормированием эксплуатационной работы, оно останется слабым местом в системе управления российскими железными дорогами. На сегодняшний день нет сквозного планирования и управления бюджетированием, потому что оно реально не взаимодействует ни с планом перевозок грузов, ни с показателями эксплуатационной работы.

Взаимодействие бюджетного планирования с техническим нормированием эксплуатационной работы позволит при управлении перевозочным процессом не только использовать натуральные показатели, но и видеть конечные экономические результаты. На железнодорожном транспорте должна получить развитие логистическая экономика, чтобы обеспечить эффективность всей логистической системы перевозочного процесса. Логистика перевозочного процесса позволит увязать натуральные показатели эксплуатационной работы с финансовыми результатами.

Сегодня техническое нормирование эксплуатационной работы, определяющее ресурсы, необходимые для выполнения

плана перевозок грузов, и призванное рационально организовать перевозочный процесс с наименьшими материально-техническими затратами, как и прежде, лишь формально связано с бюджетным планированием и финансовыми показателями.

В рыночных условиях главными показателями являются прибыль, доход и расход, а в планировании и управлении эксплуатационной работой по-прежнему участвуют только натуральные показатели. На сегодняшний день нет сквозного планирования и управления бюджетированием, потому что оно не взаимодействует ни с планом перевозок грузов, ни с показателями эксплуатационной работы. Исходными данными для разработки бюджета на предстоящий месяц являются отчетные данные за предыдущий месяц, т. е. денежные потоки планируются на уже прошедшую (выполненную) работу. Для исправления положения необходимо, чтобы результаты технического нормирования эксплуатационной работы стали исходными данными для бюджетирования. Это позволит увязать управление вагонопотоками и поездопотоками с потоками средств, т. е. с конечным результатом деятельности железных дорог.

Процесс дальнейшего реформирования железнодорожного транспорта требует применения современных методов и инструментов экономической работы. Одним из ключевых инструментов управления, обеспечивающим взаимосвязь стратегии компании с задачами многочисленных подразделений, является технология бюджетирования. Необходимые для выполнения плана перевозок ресурсы определяет техническое нормирование эксплуатационной работы. Более тесное взаимодействие бюджета производства и технического нормирования эксплуатационной работы позволит рациональнее организовать перевозочный процесс с наименьшими материально-техническими затратами.

Переход от статичного к гибкому бюджету затрат дает возможность адекватной оценки деятельности филиалов ОАО «РЖД», определения правильного размера их финансирования и совершенствования системы управления расходами [9].

Объединение бюджета производства и технического нормирования эксплуатационной работы позволит:

- объединить систему эксплуатационных и финансовых показателей на основе плановых расчетов, обеспе-

чивающих рыночную оценку перевозочного процесса;

- установить цели и стратегии их достижения сверху вниз;
- оптимизировать использование ресурсов по минимуму эксплуатационных затрат;
- не составлять бюджет по отчетным данным прошедшей работы, а прогнозировать финансовые потоки и повысить эффективность их распределения;
- сбалансировать потребности в перевозках и реальные перевозочные возможности железной дороги;
- при дефиците ресурсов получать наибольший экономический эффект;
- денежные потоки привести в соответствие с ресурсами и установленными нормами их использования;
- достичь оптимальных финансовых результатов;
- увязать планирование финансовых обязательств предприятий, их выполнение и материальное стимулирование работников.

Эффективным инструментом управления, обеспечивающим взаимосвязь стратегии железнодорожного транспорта с оперативными задачами многочисленных подразделений, является технология бюджетирования потребных ресурсов, согласованных с техническими программами, подтвержденными экономической эффективностью.

В мировой практике бюджетирование — это элемент менеджмента, ориентированный на управление организацией в денежном измерении, позволяющий координировать планы взаимосвязанных структур. Большие потенциальные возможности бюджета содержатся в показателях задания по объемам производства, использованию имеющихся ресурсов, источникам финансирования, доходам и расходам, движению денежных средств и инвестициям.

Одним из направлений реализации этих потенциальных возможностей является совместная разработка производственных и финансовых бюджетов, которая может стать важнейшей составляющей планово-аналитической работы ОАО «РЖД». Бюджетирование должно способствовать уменьшению нерациональных перевозок, оптимизации использования ресурсов и перевозочных возможностей железных дорог благодаря своевременному отслеживанию финансовых потоков и контролю за их эффективным использованием.

До тех пор пока бюджетное планирование не будет связано с техническим нормированием эксплуатационной работы, оно

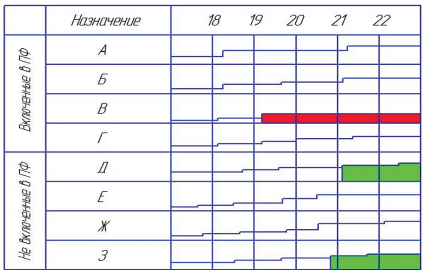


Рис. 14. Фрагмент графика накопления составов

останется слабым местом в системе управления российскими железными дорогами. На сегодняшний день нет сквозного планирования и управления бюджетированием, потому что оно реально не взаимодействует ни с планом перевозок грузов, ни с показателями эксплуатационной работы.

Литература

1. Левин, Д. Ю. Логистика перевозочного процесса железных дорог// Транспорт РФ. — 2021. — № 1–2 (92–93). — С. 21–27.
2. Сотников, Е. А., Левин, Д. Ю. Удешевили... / Е. А. Сотников, Д. Ю. Левин. — Правда. — 1979. — № 180 (22245).
3. Левин, Д. Ю. Расчет и использование пропускной способности железных дорог. — Москва : ФГОУ «УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. — 364 с.
4. Левин, Д. Ю. Теория оперативного управления перевозочным процессом. — Москва : ФГОУ «УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. — 625 с.
5. Левин, Д. Ю. Управление технологией перевозочного процесса на железных дорогах. — Москва : ИНФРА-М, 2016. — 288 с.
6. Левин, Д. Ю. Диспетчерские центры и технология управления перевозочным процессом. — Москва : Маршрут, 2005. — 760 с.
7. Левин, Д. Ю. Диспетчерское управление организацией вагонопотоков и перевозок. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 301 с.
8. Левин, Д. Ю. Взаимодействие бюджета производства и технического нормирования / Д. Ю. Левин, З. С. Шульженко // Мир транспорта. — 2019. — № 4. — С. 100–115.
9. Левин, Д. Ю. Эксплуатация железных дорог в рыночных условиях // Экономика железных дорог. — 2019. — № 10. — С. 73–80.
10. Левин, Д. Ю. Диспетчерское управление организацией вагонопотоков и перевозок. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 301 с.
11. Левин, Д. Ю. Управление технологией перевозочного процесса на железных дорогах. — Москва : ИНФРА-М, 2016. — 288 с.

Барьерная функция систем мониторинга в увязке с системами управления движением поездов



Д. В. Ефанов,
д-р техн. наук, доцент,
зам. генерального дирек-
тора по научно-иссле-
довательской работе
ООО НТЦ «Комплексные
системы мониторинга»,
профессор Высшей школы
транспорта Института
машиностроения, ма-
териалов и транспорта
Санкт-Петербургского
политехнического универ-
ситета Петра Велико-
го, профессор кафедры
«Автоматика, телемеха-
ника и связь на железно-
дорожном транспорте»
Российского университета
транспорта (МИИТ)



Г. В. Осадчий,
зам. генерального дирек-
тора — главный инженер
ООО НТЦ «Комплексные
системы мониторинга»,
старший преподаватель
кафедры «Автоматика
и телемеханика на же-
лезных дорогах» Петер-
бургского государствен-
ного университета путей
связи Императора
Александра I



И. А. Аганов,
генеральный директор
ООО НТЦ «Комплексные
системы мониторинга»

Сегодня на пути дальнейшей цифровизации отрасли назрели принципиальные инновации в концептуальных подходах к роли, задачам и возможностям систем железнодорожной автоматики и телемеханики. При этом необходимо внедрение более совершенных средств технического диагностирования и мониторинга и их интеграция с системами организации, планирования и непосредственного управления движением поездов, а также изменения в соответствующей нормативно-правовой базе.

Железнодорожный транс-
порт — один из самых
консервативных видов
транспорта, и реализация на нем новых
принципов организации и управления
движением, современных информаци-
онных и интеллектуальных технологий
является весьма сложной и трудоемкой.
Этот процесс, как правило, затягивается
на годы и даже десятилетия и не спо-
собствует прогрессивным скачкам
в развитии отрасли.

Традиционно железнодорожный ком-
плекс на постсоветском пространстве экс-
плуатируется, обслуживается и совер-
шенствуется отдельно по направлениям
и подразделениям внутри железных дорог
и участков. Фактически разрозненно раз-
виваются принципы конструирования,
реализации и эксплуатации объектов
искусственных сооружений, верхнего
строения пути, электрификации и энерго-
снабжения, автоматики и телемеханики,
тягового и вагонного хозяйств, движения
и пр. Это приводит к асинхронности раз-
вития отдельных направлений, а в ряде
случаев даже к повторению уже прой-
денного учеными и инженерами в смеж-
ных областях трудного пути в реализации
более совершенных устройств. При этом
сложно выделить даже наиболее развитый
сегмент железнодорожного комплекса.

Правильным был бы путь развития
железных дорог в более тесной инте-
грации хозяйств и эксплуатируемых ими
объектов, где будет оправдан «эффект
бабочки», заключающийся в том, что не-
значительное влияние на систему может

иметь большие и непредсказуемые по-
следствия, в том числе в совершенно дру-
гом месте. В частности, данный эффект,
например, может быть связан с тем, что
отказ какого-либо объекта автоматики
на некоторой станции может явиться
причиной не только задержки в движе-
нии поездов, но и автоматического пере-
строения графика движения на станции,
находящейся в сотнях километров от него,
что поспособствует более эффективной
организации перевозочного процесса
на линии в целом.

Подобное возможно при реализа-
ции комплексного подхода к управле-
нию и эксплуатации железнодорожного
комплекса, когда каждый из объектов
будет снабжен не только современными
средствами управления, но и соответст-
вующими средствами технического диаг-
ностирования и мониторинга состояния
и протекающих процессов [1]. Наличие
таких средств позволяет переходить к по-
лучению цифровых копий (цифровых
двойников) объектов железнодорожного
комплекса и к реализации концепции
цифровой трансформации отрасли.

При этом понятно, что цифровая
трансформация немыслима без исполь-
зования синхронно развитых средств
технического диагностирования и мо-
ниторинга (ТДМ). Опуская очевидные
примеры недоразвитости средств ТДМ
и вообще принципов построения систем
диагностирования в ряде хозяйств, отме-
тим, что в целом к настоящему времени,
несмотря на очевидный колоссальный
прогресс в развитии компьютерных тех-

нологий (более широко используем известный термин computing [2]), системы ТДМ на железных дорогах являются атрофированными и служат лишь средствами сбора, накопления и хранения данных для частичной автоматизации процедур по техническому обслуживанию объектов диагностирования. При этом они собирают огромные объемы диагностической информации, анализ и классификация которой затруднены из-за их низкого качества, что сказывается и на низких показателях достоверности диагноза и прогноза [3]. Об этом свидетельствуют сообщения как самих разработчиков систем ТДМ, так и эксплуатирующего персонала, а также неудачные попытки инженеров по переходу к реализации интеллектуальной обработки больших объемов данных от разнородных объектов железнодорожного комплекса.

Основная функция систем ТДМ — это повышение отказоустойчивости объектов диагностирования за счет своевременной фиксации зарождающихся отказов. Более глобально в охвате всей железной дороги это недопущение сбоев в графике движения поездов из-за отказов технических средств инфраструктурного комплекса и подвижного состава.

Развитие технологий мониторинга, совершенствование элементной базы технических средств диагностирования и методов распознавания и классификации состояний, прогнозирования и комплексной аналитики данных способствуют наращиванию функций, реализуемых системами ТДМ. В том числе внимание и научного сообщества, и эксплуатирующих организаций обращается на проблему использования диагностической информации непосредственно в управлении движением поездов.

Сегодня нормативная документация в отрасли исключает прямое использование результатов мониторинга при управлении движением. При этом можно лишь повлиять на объект диагностирования путем внепланового обслуживания и ремонта, но на перевозочный процесс оказать влияние автоматически невозможно. Ряд случаев на железных дорогах, приведших к авариям, крушениям поездов и даже к катастрофам, убедительно показал, что необходима увязка систем ТДМ различных хозяйств с системами управления движением поездов, отвечающими за безопасность перевозочного процесса, и реализация ими так называемой барьерной функции. Традиционно на железных дорогах конечными звенья-

ми в обеспечении безопасности движения поездов являются устройства и системы железнодорожной автоматики и телемеханики (или, более «ретроградно», — сигнализации, централизации и блокировки) [4]. Именно с ними и необходима увязка систем ТДМ различных хозяйств железнодорожного комплекса.

Системы железнодорожной автоматики и телемеханики и их безопасность

Всем специалистам в области железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) хорошо известно, что устройства и системы автоматизации реализуются с соблюдением условий безопасности, а отказы в них должны парироваться либо приводить к переходам в защитные состояния. В действительности это предполагает снижение скоростей передвижения на железных дорогах вплоть до полной остановки при фиксации отказов каких-либо средств ЖАТ. При этом необходимо подчеркнуть последнее словосочетание, поскольку средства ЖАТ контролируют только собственные отказы, а также отказы объектов инфраструктурного комплекса, непосредственно связанных с ними, например, частично верхнего строения пути за счет применения рельсовых цепей. Отказы же остальных объектов ими не просто не контролируются, но никак не учитываются в реализации процедур по управлению движением поездов.

Устройства и системы ЖАТ реализуются таким образом, чтобы все их отказы, связанные с нарушением безопасности движения поездов (опасные отказы), были исключены. Этот принцип известен еще с первой половины прошлого столетия. Для достижения указанного свойства системы ЖАТ реализуются по технологиям, подразумевающим использование высоконадежных компонентов, элементов с несимметричной характеристикой отказов, самопроверяемых схем, принципов самоконтроля и самодиагностирования, методов кодирования, резервирования и диверситета и пр. [5]. При этом до внедрения в эксплуатацию новой техники и технологий производится обязательная процедура по сертификации и доказательству их безопасности [6–9].

Теоретические основы синтеза безопасных систем ЖАТ хорошо проработаны в трудах наших соотечественников и зарубежных ученых. Среди всего их многообразия можно отметить пионерские работы профессоров В. В. и Вл. В. Сапожниковых во второй половине прош-

лого столетия, в которых системы ЖАТ представляются как одноконтные и многоконтные автоматы (комбинационные схемы и конечные автоматы) [10, 11]. Такой подход является несомненно правильным и конструктивным: появляется универсальность в описании работы схем без привязки к постоянно меняющейся элементной базе. В работах отмеченных ученых опасный отказ определяется как ошибка II рода в работе схем — появление на выходе (или выходах) схемы ложного сигнала логической 1 (сигнала «на управление»), на основании чего определена защищенность схемы от опасных отказов и сформулированы предложения по выбору наилучшей структуры безопасных схем. Показано, что для одной схемы существуют различные реализации, при этом неодинаковые с точки зрения защищенности. Введенное понятие опасного отказа легло в основу работы [12], где была доказана теорема об отсутствии опасных отказов в конечном автомате: опасные отказы в работе конечного автомата отсутствуют тогда и только тогда, когда для всех ложных переходов $S_i \rightarrow S_j$ и для всех ложных событий k выполняется условие:

$$E_{S_i \rightarrow S_j} E_{f(k)} \cap E_{on_k} = \emptyset, \quad (1)$$

где $E_{S_i \rightarrow S_j}$ — множество слов, соответствующих ложным переходам конечного автомата из состояния S_i в состояние S_j ;

$E_{f(k)}$ — множество слов, переводящих конечный автомат из состояния S_j в состояние, представляющие ложные события из множества E_k ;

E_{on_k} — множество слов, переводящих конечный автомат в опасные состояния.

Введенные на основе регулярных выражений условия позволили их авторам предложить алгоритмы синтеза конечных автоматов, которые исключают их переходы в опасные состояния при любых отказах, с вероятностью которых необходимо считаться. Для исключения же опасных отказов в конечных автоматах достаточно запретить все опасные ложные переходы.

Условие (1) определяет только отсутствие опасных переходов в схемных решениях ЖАТ и является составляющим в обеспечении безопасности перевозочного процесса в целом. Безопасность перевозочного процесса на железнодорожном транспорте понимается как свойство транспортной системы не создавать опасности для сохранности перевозимого груза, технических средств, объектов окружающей среды, здоровья и жизни пассажиров, технического персонала,

населения, находящегося в зоне влияния перевозочного процесса [13]. Именно поэтому недостаточно учесть при реализации системы управления движением поездов только возможности исключения опасных отказов в их схемных решениях. Необходимо учесть состояние объектов инфраструктурного комплекса.

Приведем несколько контрпримеров, показывающих, что хоть системы ЖАТ и реализованы безопасно (внутренние отказы не приводят к инициации опасных ситуаций в движении поездов, внешние не влияют на возможности выполнения средствами ЖАТ безопасных алгоритмов), но опасные ситуации в перевозочном процессе они не исключают. Возьмем расширение колеи вследствие внешних дестабилизирующих факторов, понижение рельса в результате частичного обрушения балластной призмы, опасные искривления рельсов и т. п. Это те опасные состояния верхнего строения пути, которые не будут зафиксированы средствами ЖАТ: рельсовая цепь продолжит работу, а на светофоре, ограждающем участок пути, будет гореть разрешающее показание при наличии свободного для движения пути. Другой пример: обрушение опоры контактной сети и попадание ее в зону нарушения габарита приближения строений также не приведет к автоматическому включению запрещающего показания на светофоре, ограждающем участок (более того, такое показание невозможно в системе ЖАТ дать и вручную при обнаружении подобного дефекта, кроме как нарушив принципы их эксплуатации).

То есть система ЖАТ является безопасной «сама в себе», а вот от отказов внешних и взаимодействующих с подвижным составом объектов, непосредственно не вызывающих срабатывание устройств автоматизации, она не защищена. Барьерная функция не реализуется. Эта особенность взаимодействия средств железнодорожной инфраструктуры способна приводить к авариям. В качестве примера можно упомянуть недавнее (1 июня 2020 г.) обрушение моста через реку Кола (1436-й км Октябрьской железной дороги) [14]. Здесь система ЖАТ не выдала на локомотив сигнала тревоги и только внимательность машиниста позволила избежать катастрофы.

Таким образом, роль систем ЖАТ в исполнении функций безопасного пропуска поездов выполняется с ограничениями, которые связаны с принципами реализации технических средств

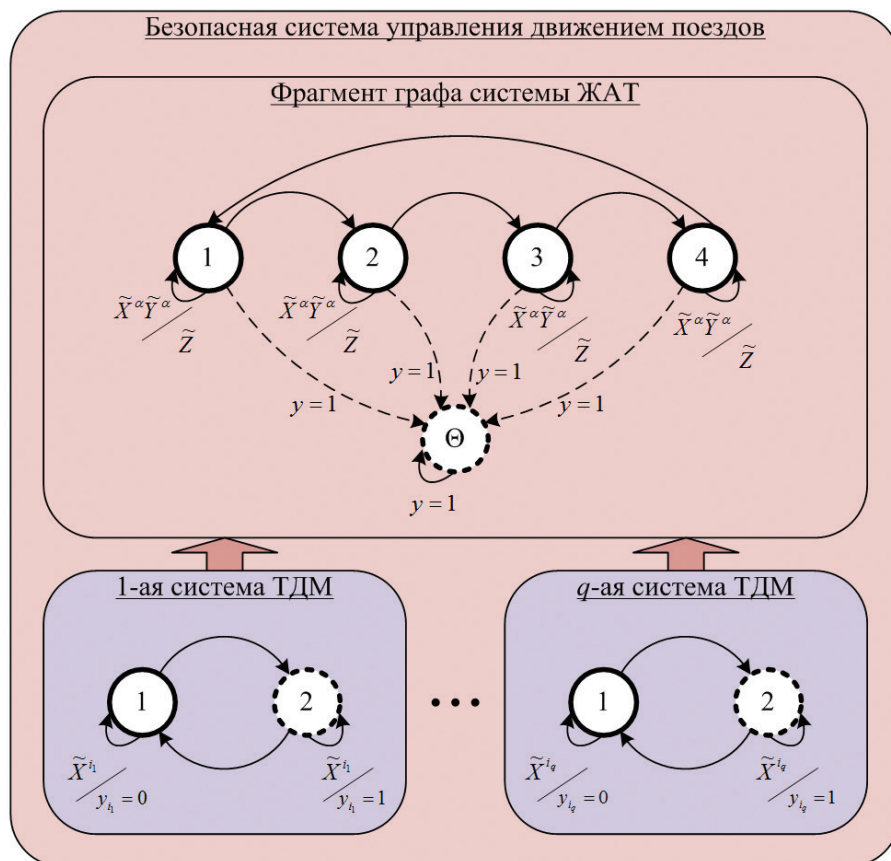


Рис. 1. Принципы увязки систем ТДМ и систем управления движением поездов

автоматизации: они попросту не предназначены для фиксации технических состояний объектов железнодорожной инфраструктуры. Системы ЖАТ обеспечивают и контролируют пространственное разделение поездов, самих средств автоматизации и частично состояние железнодорожного пути. Для учета технического состояния объектов инфраструктурного комплекса они не приспособлены.

Вернемся к выражению (1) и рассмотрим его применительно к железнодорожной транспортной системе. В нем множество E_{on_k} не включает в себя каких-либо слов, переводящих в опасные состояния объекты железнодорожной инфраструктуры, а сама формула (1) не дает условий перехода во множество защищенных состояний транспортной системы. Опасные отказы в работе средств железнодорожной инфраструктуры будут отсутствовать тогда, когда любой их переход во множество (E_{on_k}) опасных состояний будет приводить к переходу в защищенное состояние системы управления движением поездов:

$$E_{S_i \rightarrow S_f} E_{f(k)} \cap E_{on_i} = E_{z_j}, \quad (2)$$

где E_{z_j} — множество слов, соответствующих защищенным состояниям.

Здесь защищенное состояние может трактоваться как снижение скорости протекновения до определенного значения, вплоть до полной остановки (аналог светофора с различной градацией скоростей).

Приведем два примера защищенных состояний. Пусть вследствие отказа конструкции моста испытывают ненормативную нагрузку, зафиксированную автоматически техническими средствами ТДМ, при которой следует ограничить скорость движения, но не само движение. Тогда эта информация может быть донесена поезвному диспетчеру и машинисту автоматически. Если же конструкции моста обрушились, то должен поступить немедленный сигнал об остановке движения (аналог запрещающего показания светофора).

Еще раз подчеркнем, что защищенное состояние должно присутствовать именно в системе ЖАТ, так как она отвечает за выработку управляющего сигнала для движения.

Концепция реализации безопасной системы управления движением поездов

На рис. 1 условно в виде подграфов конечных автоматов представлена без-

опасная система управления движением поездов. Для системы ЖАТ выбран фрагмент реализации одной из функций управления наполными технологическими объектами. Для систем ТДМ показано два состояния: 1 — параметры в норме, 2 — опасное состояние объекта диагностирования.

В общем случае на участке железнодорожной линии могут быть установлены q систем ТДМ, каждая из которых должна не только собирать диагностические данные по каждому из измеряемых параметров, но и вырабатывать «сигнал тревоги» $y_j = 1, j \in i_1, i_2, \dots, i_{q-1}, i_q$, при достижении критических значений и фиксации катастрофического события. Подобные системы или правильнее сказать, их «высокоуровневые прототипы», уже частично используются на железных дорогах, но к настоящему времени автоматически интегрального сигнала тревоги не выдают не только в систему управления движением поездов, но даже дежурным по станциям и поездным диспетчерам [15–22].

Каждая из систем ТДМ измеряет ряд параметров $\tilde{X}^{ij} = \tilde{x}_1^{ij} \tilde{x}_2^{ij} \dots \tilde{x}_{n_{ij}}^{ij} \tilde{x}_{n_{ij}+1}^{ij}$, $j \in i_1, i_2, \dots, i_{q-1}, i_q$ и формирует информационные сообщения своим пользователям. Кроме того, она должна вычислять некоторый показатель (назовем его индексом «живучести» объекта диагностирования $I_L \in [0;1]$) и определять значение сигнала тревоги $y_j = 1, j \in i_1, i_2, \dots, i_{q-1}, i_q$. Условие перехода из какого-либо функционального состояния S_f системы управления движением поездов в защищенное состояние S_Θ системы управления движением поездов может быть записано в виде:

$$S_f \rightarrow S_\Theta: y_{i_1} \vee y_{i_2} \vee \dots \vee y_{i_{q-1}} \vee y_{i_q} = 1. \quad (3)$$

Под функциональным состоянием S_f здесь понимается любое из предусмотренных состояний системы ЖАТ (исправное, работоспособное или неработоспособное защитное [23]), учтенных при ее реализации.

Строго говоря, сигналы $y_j, j \in i_1, i_2, \dots, i_{q-1}, i_q$ от различных систем ТДМ должны быть «заведены» в группы сигналов системы ЖАТ при ее совершенствовании. Условия перехода системы ЖАТ из состояния в состояние определяются исходя из значений входных воздействий системы $\tilde{X}^\alpha = \tilde{x}_1^\alpha \tilde{x}_2^\alpha \dots \tilde{x}_{n_\alpha}^\alpha \tilde{x}_{n_\alpha+1}^\alpha$ и сформированного вектора сигналов тревоги $\tilde{Y}^\alpha = y_{i_1} y_{i_2} \dots y_{i_{q-1}} y_{i_q}$. Другими словами, переходы осуществляются при воздействиях на входы $\tilde{X}^\alpha \tilde{Y}^\alpha = (\tilde{x}_1^\alpha \tilde{x}_2^\alpha \dots \tilde{x}_{n_\alpha}^\alpha \tilde{x}_{n_\alpha+1}^\alpha) \times y_{i_1} y_{i_2} \dots y_{i_{q-1}} y_{i_q}$, вызывая выходные

значения системы $\tilde{Z} = \tilde{z}_1 \tilde{z}_2 \dots \tilde{z}_{p-1} \tilde{z}_p$, где p — множество выходов систем ЖАТ. Также может быть использован один сигнал тревоги $y = y_{i_1} \vee y_{i_2} \vee \dots \vee y_{i_{q-1}} \vee y_{i_q}$, формируемый программным средством (или подсистемой) с высокой надежностью функционирования для выявления опасного состояния объекта диагностирования и мониторинга с заданной достоверностью $D \in [0;1]: D > D_{lim}, D_{lim}$ — некоторое заданное предельное значение достоверности, близкое к 1. Эта величина на практике должна нормироваться и стандартизироваться.

Из приведенных рассуждений следует, что средства ЖАТ являются конечными звеньями, которые должны не только обеспечивать свое безопасное функционирование при непосредственном контакте с объектами инфраструктуры, но и реализовывать барьерную функцию при фиксации отказов объектов всей железнодорожной инфраструктуры. И именно следование такой парадигме при их реализации позволит повысить безопасность движения поездов и снизить риски от отказов объектов железнодорожной инфраструктуры.

Поскольку системы ЖАТ в этой парадигме в настоящее время не реализуются, может быть использовано их «наращивание» в следующих смыслах.

1. С использованием риск-ориентированного подхода определяется множество наиболее вероятных опасных состояний объектов железнодорожной инфраструктуры.

2. С применением математических методов моделирования и технической диагностики для каждого из опасных состояний определяются контрольные измерительные точки, периоды диагностирования и условия возникновения событий.

3. Реализуются высоконадежные системы ТДМ, фиксирующие ключевые диагностические параметры и позволяющие фиксировать опасные события при совпадении условий для каждого из инцидентов.

4. Реализуется подсистема фиксации опасных событий и вычисления интегральных сигналов тревоги.

5. Реализуется подсистема безопасной увязки с объектами ЖАТ.

Таким образом, п. 5 подразумевает наличие обратной связи для учета результатов мониторинга в процессе регулирования движения поездов (рис. 2). О необходимости такой увязки соавторы статьи неоднократно говорили в своих работах, например в [3, 24].

Использование технических средств мониторинга позволяет фактически осуществлять управление рисками от отказов объекта диагностирования и от несвоевременного технического обслуживания и ремонтов (ТОиР). Здесь необходимо отметить и функцию возможности управления процессами ТОиР — например, обеспокоенного и своевременного профпрогрева элементов железнодорожной контактной подвески при фиксации средствами мониторинга условий гололедообразования. Фактически реализуется возможность управления энергией и повышения энергоэффективности объектов инфраструктуры [25].

В первом случае создается возможность влияния на величину интенсивности отказов λ_F , что при постоянстве значений потерь Π_F от воздействия отказа на технологический процесс способствует снижению риска от отказа:

$$R_F = \Pi_F \lambda_F. \quad (4)$$

Во втором случае создается возможность влияния на величину интенсивности ТОиР λ_M , что при постоянстве значений потерь Π_M от снижения скорости протекания технологического процесса способствует снижению риска от ТОиР:

$$R_M = \Pi_M \lambda_M. \quad (5)$$

Уменьшение величины λ_F возможно за счет раннего диагностирования развивающихся неисправностей и выявления катастрофических (предельных, предотказных) состояний. Уменьшение величины λ_M возможно за счет формирования прогнозных времен обслуживания устройства и повышения срока эксплуатации объекта диагностирования.

Таким образом, работа систем ТДМ направлена на минимизацию риска потерь от эксплуатации инфраструктуры железных дорог:

$$\begin{cases} R_F(\tilde{\lambda}_F) \rightarrow \min_{\lambda_F \in \lambda_F} ; \\ R_M(\tilde{\lambda}_M) \rightarrow \min_{\lambda_M \in \lambda_M} . \end{cases} \quad (6)$$

Снижение рисков (6) способствует и снижению опасных отказов в работе объектов инфраструктуры железнодорожного комплекса.

На рис. 2 в прямоугольных блоках показаны элементы аппаратно-программных средств управления, а в блоках со скругленными краями — процессы, сообщения, действия. Реализация систем ТДМ должна позволить перейти от автоматизации процедур измерения к формированию дорожных карт по обслуживанию объектов диагностирования, управлению рисками от отказов

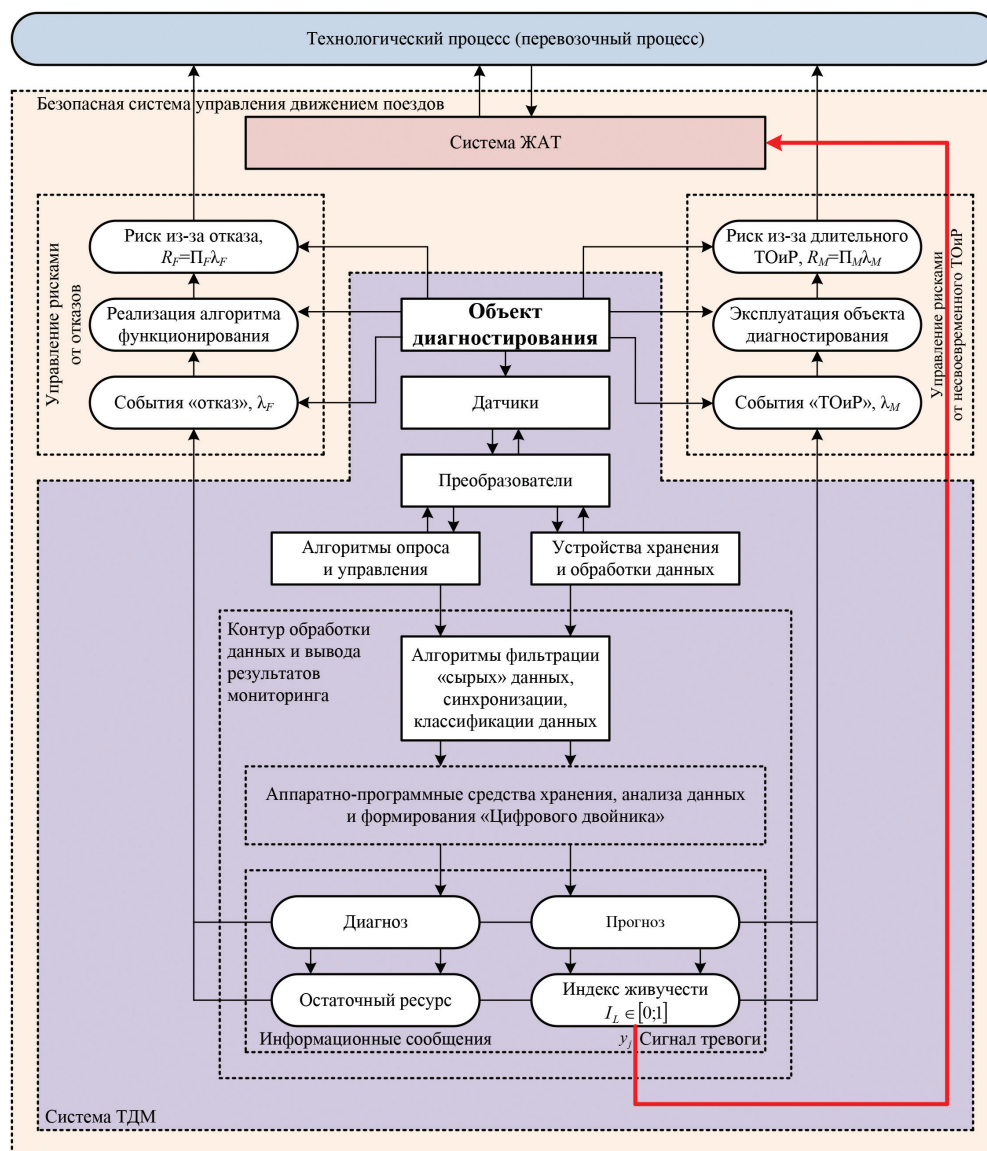


Рис. 2. Структура безопасной системы управления движением поездов

и несвоевременного ТОиР, а также к формированию сигнала тревоги — реализации барьерной функции. Системы хранения и обработки данных, а также организация ETL-процессов для такой системы требуют тщательной проработки еще на этапе проектирования и разработки.

Отметим, однако, что к настоящему моменту не существует технических решений, которые позволили бы увязать систему ТДМ с системой управления движением поездов. Но прежде всего это не определяется нормативными документами, а на саму систему ТДМ не накладываются требования по соответствию какому-либо из уровней полноты безопасности.

Авторы статьи предлагают на первом этапе осуществлять увязку с системами ЖАТ в некотором косвенном виде: передавать сигнал тревоги от средств ТДМ в систему диспетчерского контроля устройств ЖАТ [19]. Далее эта информация воспри-

нимается дежурным по станции и поездным диспетчером, что позволит отреагировать хоть и не автоматически, но гораздо оперативнее, чем при возникновении опасного события с непосредственным участием подвижных единиц. Кроме того, целесообразно осуществлять увязку также с системами оповещения работников на пути и машинистов через аппаратуру речевого информирования. Необходимо отметить, что в будущем (весьма недалеком) возможна увязка систем мониторинга с заградительными сигналами и с подсистемами кодирования, передающими сигналы по рельсам на локомотив автоматически. Также существует вариант добавления в обиход нового сигнала (естественно, с изменением инструкции по сигнализации) — светофора системы мониторинга (аналогично используемому в настоящее время сигналу о состоянии буксовых узлов подвижного состава). Но это возможно только при совершен-

ствовании нормативной базы и самих систем ТДМ до такого уровня, который позволит с высокой достоверностью ставить диагноз и прогнозировать изменения состояния и параметров объектов диагностирования.

Таким образом, современные системы управления движением поездов безопасны с позиции реализации алгоритмов передачи информации для оперативного персонала подразделений движения и тяги, но никак не учитывают возможные состояния объектов железнодорожной инфраструктуры, что полностью дается на откуп персоналу соответствующих служб. Цифровая трансформация отрасли направлена в том числе на ликвидацию и этого недостатка.

Увязка более совершенных систем ТДМ с системами организации и управления движением поездов открывает пути не только к повышению безопасности движения, но и к переходу на ком-

плексные системы интеллектуального управления движением поездов с учетом множества факторов. К таковым можно отнести энергоэффективность и экологичность перевозочного процесса, возможность гибкого перестроения графиков движения поездов за счет учета отказов объектов инфраструктуры, прогнозирование и оценку остаточного ресурса всех составляющих перевозочного процесса, повышение информативности потребителей услуг железнодорожного транспорта и др.

Настоящая работа, по нашему мнению, призвана развить дискуссию об изменении принципов реализации современных ТДМ, их более тесной интеграции как между собой, так и с системами организации, планирования и непосредственного управления движением поездов. При этом очевидно, что должны меняться и концептуальные подходы к построению ТДМ, а архитектура составляющих, устройств и подсистем должна реализовываться с учетом принципов контролепригодности и самопроверяемости, что само по себе способствует повышению достоверности результатов мониторинга. Назрела необходимость модернизации как нормативной документации в сфере технической диагностики и мониторинга устройств и систем на железнодорожном транспорте, так и в совершенствовании самих технологичных мониторингов.

Литература

- Ефанов, Д. В. Радиоцентрализация с распределенными вычислительными ресурсами и развитыми функциями самодиагностирования / Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий // Транспорт Российской Федерации. — 2021. — № 1–2. — С. 40–45.
- Hahanov V. Cyber Physical Computing for IoT-driven Services. — New York : Springer International Publishing AG, 2018. — 279 p.
- Ефанов, Д. В. Интеграция систем управления и мониторинга // Мир транспорта. — 2020. — Т. 18. — № 1. — С. 146–157.
- Theeg G., Vlasenko S. Railway Signalling & Interlocking. — Germany, Leverkusen PMC Media House GmbH, 2020. — 552 p.
- Сапожников, В. В. Методы построения безопасных микроэлектронных систем железнодорожной автоматики. / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Х. А. Христов [и др.] — Москва : Транспорт, 1995. — 272 с.
- Белиштина, Т. А. Особенности подтвер-

ждения соответствия требованиям безопасности железнодорожной автоматики и телемеханики в переходный период после принятия технических регламентов Таможенного союза // Автоматика на транспорте. — 2016. — Т. 2. — № 2. — С. 208–227.

- Белиштина, Т. А. Нормативная база как инструмент для обеспечения надежности и безопасности железнодорожной автоматики и телемеханики / Т. А. Белиштина, О. А. Абрамов // Автоматика на транспорте. — 2018. — Т. 4. — № 4. — С. 540–560.
- Markov D. S., Vasilenko M. N., Nasedkin O. A., Kotenko A. G., Manakov A. D., Belozarov V. L. Method for Assessing Probabilistic Reliability Estimation and Safety of Railway Automation Systems Redundant Structures // Proceedings of 18th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2020). — Varna, 2020. — P. 356–361.
- Рязанов, В. Ю. Анализ подтверждения соответствия, обеспечение качества и безопасности микропроцессорных систем железнодорожной автоматики // Автоматика на транспорте. — 2020. — Т. 6. — № 4. — С. 435–465.
- Сапожников, Вл. В. Исследование принципов построения электрической централизации малых станций с исключением опасных отказов : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. — Ленинград, 1969. — 200 с.
- Сапожников, В. В. О защищенности одноканальных схем управления от опасных отказов / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников // Железнодорожные системы автоматики и телемеханики с применением бесконтактных элементов : сб. трудов. — Ленинград : ЛИИЖТ, 1971. — С. 37–47.
- Сапожников, В. В. О синтезе конечных автоматов с исключением опасных отказов / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников // Автоматика и телемеханика. — 1972. — № 8. — С. 93–99.
- Лисенков, В. М. Статистическая теория безопасности движения поездов. — Москва : ВНИИТ РАН, 1999. — 322 с.
- Железнодорожный мост обрушился под Мурманском [Электронный ресурс] : https://www.dp.ru/a/2020/06/01/ZHeleznodorozhnij_most_obru (дата обращения: 01.06.2021 г.).
- Park Y., Cho Y. H., Lee K., Jung H., Kim H., Kwon S., Park H. Development of an FPGA-based Online Condition Monitoring System for Railway Catenary

Application // 8th World Congress on Railway Research, COEX, Seoul, Korea, 2008.

- Yu J., Wu M. Development of a Detection System for the Catenary Vibration Monitoring // International Conference of Information Technology, Computer Engineering and Management Sciences, 2011. — Nanjing, Jiangsu, China. — Vol. 1. — P. 76–79.
- Барц, Д. В. Совершенствование системы обслуживания устройств энергоснабжения на основе мониторинга и диагностики // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2012. — № 3. — С. 103–110.
- Asada T. Novel Condition Monitoring Techniques Applied to Improve the Dependability of Railway Point Machines // University of Birmingham, UK, 2013. — 149 p.
- Ефанов, Д. В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. — Санкт-Петербург : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. — 171 с.
- Heidmann L. Smart Point Machines: Paving the Way for Predictive Maintenance // Signal+Dracht. — 2018 (110). — № 9. — P. 70–75.
- Kassa E., Skavhaug A., Kaynia A. M. Monitoring of Switches & Crossing (Tornouts) and Tracks. — Decision Support Tool for Rail Infrastructure, EU Project. — № 636285. — 41 p.
- Efanov D. V., Osadchy G. V., Barch D. V., Belyi A. Permanent Monitoring Systems of the Contact-Wire of Railroad Catenary: the Main Tasks of Implementation // Proceedings of 17th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2019), Batumi, Georgia, 2019. — P. 484–487.
- Сапожников, В. В., Сапожников Вл. В., Ефанов Д. В. Основы теории надежности и технической диагностики / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Д. В. Ефанов — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 588 с.
- Ефанов, Д. В. Интеграция систем непрерывного мониторинга и управления движением на железнодорожном транспорте // Транспорт Российской Федерации. — 2017. — № 4. — С. 62–65.
- Ефанов, Д. В. Универсальные системы мониторинга как жизненно важные составляющие высокоимунных транспортных систем / Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий, Д. Г. Плотников [и др.] // Транспорт Российской Федерации. — 2020. — № 5. — С. 20–26.

Определение аэродинамического сопротивления грузовых поездов с инновационными полувагонами на цифровых моделях



Ю. П. Бороненко,
д-р техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой
«Вагоны и вагонное хо-
зяйство» Петербургского
государственного универ-
ситета путей сообщения
Императора Александра I
(ПГУПС), генеральный
директор АО «НВЦ „Ва-
гоны“»



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



Т. М. Белгородцева,
заведующая
НИЛ «Динамика
вагонов»
ПГУПС

Снижение сопротивления движению грузовых вагонов — одна из важных задач энергосбережения на железнодорожном транспорте. Оно позволяет сократить расходы топливо-энергетических ресурсов, увеличить длину поездов и скорость движения. Однако при создании новых вагонов этому вопросу не уделяется достаточного внимания. Уточненный расчет сопротивления движению вагонов при помощи цифровых моделей позволит лучше прогнозировать расходы электроэнергии и топлива на тягу поездов, создавать новые энергоэффективные конструкции.

Методы определения сопротивления движению поездов на железных дорогах мира

В Российской Федерации на железнодорожном транспорте принята следующая классификация сопротивления движению поезда: при трогании с места, основное, дополнительное сопротивление [1].

При этом в расход топливо-энергетических ресурсов максимальный вклад вносит основное сопротивление движению. В работе [2] П. Н. Астаховым были выделены шесть компонент основного сопротивления движению:

- от трения в буксовых подшипниках;
- от трения качения колес по рельсам;
- от трения скольжения колеса по рельсу;
- от рассеивания энергии в пути;
- от воздушной среды;
- от рассеивания энергии в окружающую среду.

Вопросы учета сопротивления движению от рассеивания энергии в окружающую среду в упруго диссипативных связях и от скольжения колес по рельсам с помощью цифрового моделирования рассмотрены в работах [3, 4]. В данной статье основное внимание уделено вопросам определения аэродинамического сопротивления вагонов и поездов.

Формула основного удельного сопротивления движению в правилах тяговых расчетов для поездной работы (ПТР) представляется в виде трехчленной квадратичной параболы зависимости от ско-

рости движения v и нагрузки на ось q_0 .

$$\omega = \frac{a + bv + cv^2}{q_0} \quad (1)$$

Эмпирические коэффициенты a , b и c определялись укрупненно только для трех типов вагонов: полувагонов, цистерн и рефрижераторов на базе экспериментальных исследований, проведенных ВНИИЖТ в середине прошлого века.

На железных дорогах США и Европы принято разделять основное сопротивление движению поезда на три категории [5]:

- механическое сопротивление, которое характеризуется диссипацией энергии в составе, пути и в области контакта «колесо — рельс»;
- аэродинамическое сопротивление;
- инерционное сопротивление.

Общий вид формулы сопротивления движению имеет аналогичен [6-10]

$$R = A + BV + CV^2, \quad (2)$$

где R — полная сила сопротивления;

A — механическое сопротивление, зависящее от массы вагона и количества осей;

B — коэффициент, преимущественно зависящий от взаимодействия в зоне «колесо — рельс»;

C — коэффициент, зависящий от аэродинамического сопротивления;

V — скорость движения, км/ч.

Параметры A , B и C могут быть выражены следующими функциями [9]:

$$A = \lambda \cdot M \cdot \sqrt{\frac{10}{m}}; \quad (3)$$

$$B = 0,01 M; \quad (4)$$

$C = k_1 \cdot S + k_2 \cdot p \cdot l,$ (5)

где M — полная масса поезда, т;
 m — масса на ось, т;
 λ — параметр, зависящий от типа подвижного состава;
 k_1 — коэффициент, зависящий от формы передней или хвостовой части поезда;
 S — фронтальная площадь поперечного сечения, м²;
 k_2 — параметр, зависящий от поверхности pl ;
 p, l — геометрические параметры, м.

При этом на американских железных дорогах для оценки сопротивления движению используется модифицированное уравнение Дэвиса [10]

$r = K_a \left[2.943 + \frac{89.2}{m_a} + 0.0306V + \frac{1.741k_{ad}V^2}{m_a n} \right],$ (6)

где K_a — коэффициент, зависящий от типа подвижного состава;
 m_a — нагрузка на ось, т;
 k_{ad} — коэффициент аэродинамического сопротивления, зависящий от типа вагона;
 n — число осей в поезде;
 V — скорость поезда, км/ч.

Во Франции формулы сопротивления движению для различного типа подвижного состава и отдельных его единиц имеют следующий вид:

$r = 0.65m_a n + 13n + 0.01m_a nV + 0.03V^2;$ (7)

$9.81(1.25+V^2/6300);$ (8)

$9.81(1.5+V^2/(2000...2400));$ (9)

$9.81(1.25+V^2/1600);$ (10)

$9.81(1.25+V^2/4000),$ (11)

где m_a — масса поезда, т;
 n — число осей в поезде;
 V — скорость поезда, км/ч.

Формула (7) относится к французскому грузовому локомотиву. К ней добавляются дополнительные члены: (8) — к французским транспортным средствам Международного союза железных дорог, (9) — к грузовому экспресс-составу, (10) и (11) — к поездам с 10-тонной и 18-тонной нагрузкой на ось соответственно.

На железных дорогах Германии для определения удельного сопротивления движению грузовых поездов применяют формулу Штраля [9], имеющую вид

$r = 0.1 \cdot 25 + k \cdot \left(\frac{V + \Delta V}{10} \right),$ (12)

где k — коэффициент, принимаемый 0,5 для смешанных грузовых поездов и 0,25 — для блочных;
 V — скорость поезда, км/ч;
 ΔV — ветровая скорость (обычно принимается 15 км/ч).

Для определения аэродинамической компоненты основного сопротивления

движению поезда в Европейском союзе существует стандарт [11], согласно которому поезд представляется в виде однородного длинного тела, а аэродинамическое давление рассчитывается по формуле:

$F = C \cdot v^2,$ (13)

где C — коэффициент, определяющий аэродинамическую составляющую полного сопротивления подвижного состава;
 v^2 — скорость движения.

Коэффициент C определяется следующим образом:

$C = \frac{1}{2} \rho S (C_{dp} + \frac{\lambda}{d} l),$ (14)

где ρ — плотность воздуха;
 S — площадь поперечного сечения вагона (принятое значение для расчета 11 м²);
 C_{dp} — коэффициент сопротивления давлению (согласно [13] для параллелепипеда на колесах со скошенным углом значение равняется 0,801);
 d — гидравлический диаметр поезда;
 λ — коэффициент трения (принятое для расчетов значение 0,032);
 l — длина состава.

Подводя итог краткому сравнению методов определения основного сопротивления движению, можно констатировать, что все расчетные формулы учитывают нагрузку на ось, количество осей в поезде и скорость движения. Некоторые зарубежные формулы также учитывают особенности подвижного состава введением коэффициентов аэродинамического сопротивления, зависящих от типа вагона.

Однако установить физический смысл коэффициентов формулы определения сопротивления движению, связав его с конкретными характеристиками подвижного состава, пока не удастся. Предлагаемые формулы справедливы только для подвижного состава, для которого они определялись экспериментально.

Более точным и дешевым представляется путь определения коэффициентов

зависимостей сопротивления движению проведением не натурных, а виртуальных экспериментов на цифровых моделях, используя современные программные комплексы.

Виртуальные эксперименты по определению аэродинамического сопротивления на цифровых моделях

Объектом моделирования является поезд, состоящий из локомотива 2ЭС10 и вагонов моделей 12–132, 12–9548–01, 12–9548–02 и 12–6877–02. Технические характеристики полувагонов представлены в таблице 1.

Выбор первых трех полувагонов в качестве объектов исследования связан с тем, что по ним имеются экспериментальные данные по определению основного сопротивления движению, полученные ВНИИЖТ [12, 13]. Выбор сочлененного шестиосного полувагона 12–6877–02 связан с тем, что для сочлененных вагонов в ПТР отсутствуют рекомендации по определению сопротивления движению.

Расчетная схема определения аэродинамического сопротивления представляла собой неподвижную модель поезда, установленного на элементах железной дороги, и текучую среду, движущуюся с заданной скоростью. Направление движения среды задавалось противоположным направлению предполагаемого движения поезда.

Для расчетов была создана упрощенная твердотельная модель поезда. При создании модели были учтены основные геометрические параметры локомотива и вагонов. Для уменьшения затрат машинного времени при расчетах мелкие детали (пантографы, поручни, ступеньки и т. д.) были исключены из модели или заменены простыми геометрическими фигурами. Это связано с тем, что учет подобных элементов влияет только на качественную картину распределения потоков в небольшом объеме расчетной области,

Таблица 1. Технические характеристики вагона

Наименование параметра	Значение			
	12–132	12–9548–01	12–9548–02	12–6877–02
Длина вагона по осям сцепления автосцепки, мм	13 920	13 920	13 920	19 534
Максимальная ширина, мм	3158	3190	3200	3190
Высота вагона от УГР, мм	3806	3780	3780	3780
Внутренние размеры кузова:				
— длина, мм	12 750	12 750	13 050	8940
— высота, мм	2365	2625	2625	2625
— ширина, мм	2911	3006	3006	3006
Вес брутто, т	93,5	99	100	114,5
Тара вагона, т	24	24	26	34,5

а их исключение или группировка влечет за собой изменение результатов моделирования, которыми можно пренебречь (менее 3 %).

В качестве расчетной области использовался параллелепипед, внутри которого размещалась твердотельная модель поезда, установленная на рельсовом полотне с частью балластной призмы. Границы расчетной области располагались относительно поезда на расстоянии 20 метров вверх от крайней точки крышевого оборудования локомотива, 10 метров в каждую сторону от боковых стенок, 2 метров вниз от точки контакта «колесо — рельс», 50 метров от крайних точек сцепного устройства по пути и против движения. Указанные размеры обусловлены расстоянием, за пределами которого движение воздушных потоков не влияет на объект исследования.

Для расчетов использовался алгоритм SIMPLE, интегрированный в модуль Fluent программного комплекса ANSYS Workbench. Алгоритм SIMPLE учитывает связь между скоростью и давлением для получения полей давления при постоянной массе воздушной среды.

Модель воздушной среды была создана с использованием конечных объемов в модуле ICFM CFD. Расчетная модель взаимодействия поезда с окружающей средой создавалась в модуле Fluent. Для описания процессов, происходящих в пограничном слое, а также на удаленных от модели участках, была выбрана модель турбулентности Transition SST. В качестве исходных данных принималась плотность воздуха $1,225 \text{ кг/м}^3$ при температуре 15°C и со значением вязкости $1,7894 \cdot 10^{-5} \text{ кг/(м}\cdot\text{с)}$.

Границы расчетной области, перпендикулярные оси пути, использовались как вход и выход воздушного потока. На входе скорость воздуха задавалась по направлению оси пути. На противоположной грани устанавливался выход потока. Граням модели поезда, а также элементам пути присвоено значение неподвижной стены.

Расчеты проводились для каждой модели вагона на скорости от 40 до 90 км/ч. Сопротивление определялось для поездов, включающих от 1 до 5 полувагонов одной модели и с одинаковой загрузкой от 0 до 100 % от объема кузова.

Каждый расчетный режим включал расчеты с 15 000 итерациями. Обработка результатов проводилась путем определения среднего значения и стандартного отклонения исследуемого параметра в диапазоне итераций, при этом значение уровня невязок не превышало 10^{-2} .

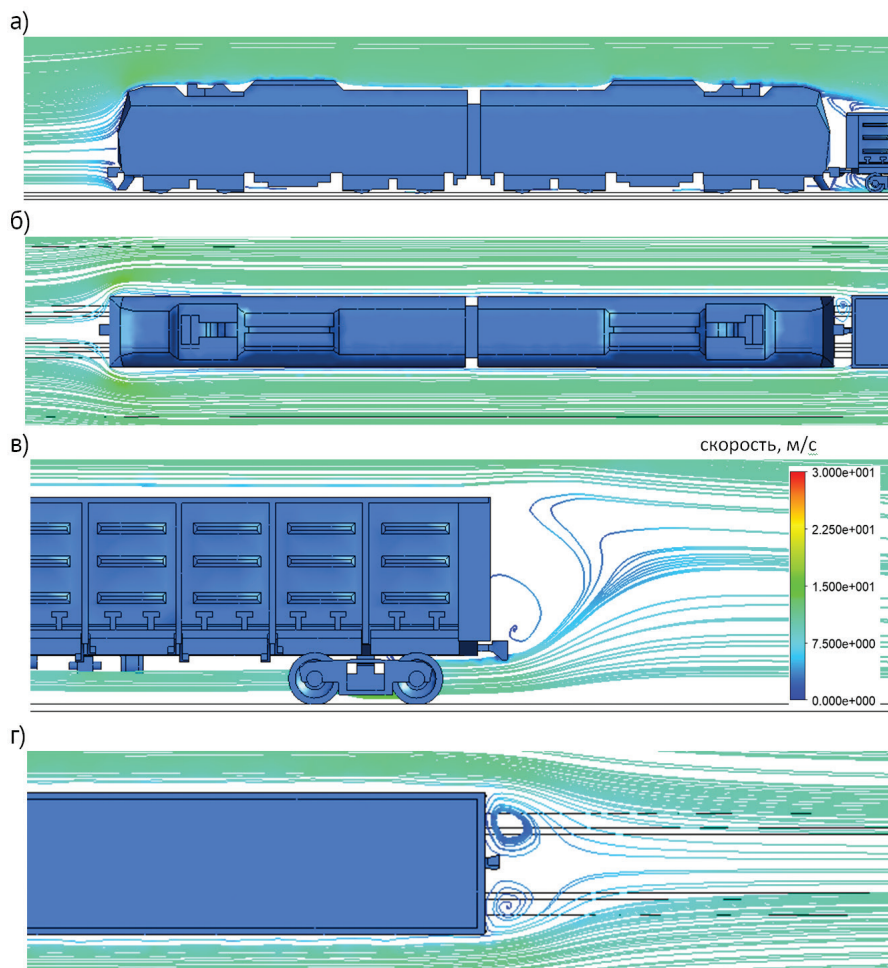


Рис. 1. Траектории обтекания головной части локомотива и хвостового вагона: а – локомотив, вид сбоку; б – локомотив, вид сверху; в – хвостовой вагон, вид сбоку; г – хвостовой вагон, вид сверху

По результатам расчетов были получены: траектории и скорости воздушных потоков; закономерности распределения давления на поверхностях моделей; силы аэродинамического сопротивления для разных частей поезда. Траектории обтекания воздушного потока локомотива и хвостового вагона показаны на рис. 1. Для примера некоторые качественные характеристики взаимодействия сочлененного полувагона с воздушной средой представлены на рис. 2.

Виртуальные эксперименты показали, что сопротивление поезда (F) имеет нелинейную зависимость от длины только для одного и двух вагонов. При большем количестве вагонов происходит линейное увеличение, пропорциональное количеству вагонов. Поэтому в дальнейшем расчеты проводились для поезда с пятью вагонами.

Для учета любого количества вагонов в поезде было предложено представить сопротивление следующим образом: сопротивление локомотива ($F_{\text{лок}}$), сопротивление межвагонного пространства ($F_{\text{мв}}$), сопротивление внутренних частей кузова и поверхности груза ($F_{\text{вн}}$), сопротивле-

ние стен, ходовой части и подвагонного оборудования ($F_{\text{ст}}$), а также хвостовое сопротивление ($F_{\text{хв}}$). Расчет полного сопротивления производился по формуле:

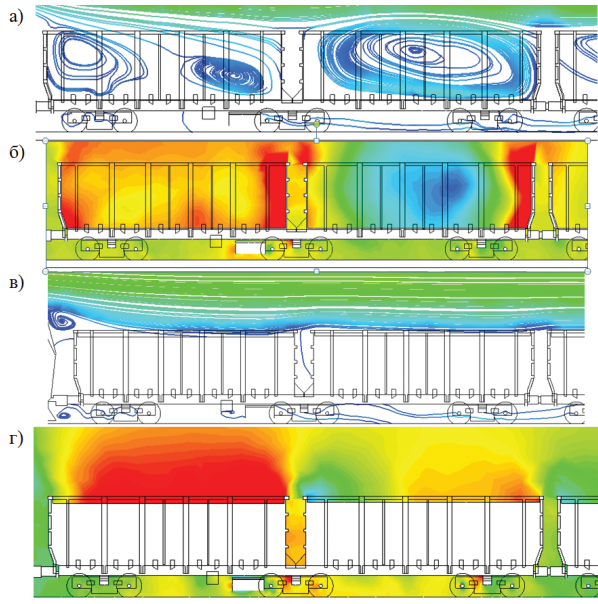
$$F = F_{\text{лок}} + (F_{\text{мв}} + F_{\text{вн}} + F_{\text{ст}}) \cdot n + F_{\text{хв}} \quad (15).$$

Сравнение полученных результатов расчета сопротивления с EN14067-1 (рис. 3), в котором поезд представлен в виде однородного длинного тела, показало хорошую сходимость (отклонение составило менее 1 % для груженого поезда и около 15 % для порожнего).

Достоинством предлагаемого метода является возможность оценки сопротивления порожнего или частично загруженного полувагона, а также вагонов с разными линейными размерами, например 6-осных сочлененных вагонов.

Сравнение с экспериментом (рис. 4) было проведено для поездов, состоящих из 65 порожних и полностью загруженных вагонов со скоростью движения от 40 до 80 км/ч, что подтвердило результаты виртуального эксперимента. Отклонение расчетных данных от экспериментальных составило около 10 % для груженого поезда и 15 % для порожнего.

Рис. 2. Траектории и диаграммы давления воздуха у первого порожнего и груженого шестиосного вагона модели 12-6877-02:
а — траектории потоков воздуха в кузове порожнего вагона;
б — эпюра давления воздуха в кузове порожнего вагона;
в — траектории потоков воздуха в кузове груженого вагона;
г — эпюра давления воздуха в кузове груженого вагона



Для расчета сопротивления поезда с различной загрузкой вагонов предлагается определять аэродинамическое сопротивление поезда как сумму сопротивлений частей локомотива, порожних и загруженных вагонов, хвостовой части и — при необходимости — дополнительного сопротивления 6-осных сочлененных полувагонов (разница между порожними или загруженными 4- и 6-осными полувагонами):

$$F = F_{\text{лок}} + Q_1 \cdot n_1 + Q_2 \cdot n_2 + F_{\text{хв}} \quad (16)$$

где Q_1 и Q_2 — масса тары и брутто вагона соответственно;
 n_1 и n_2 — количество условно порожних и условно груженых вагонов.

Значения аэродинамического сопротивления различных частей поезда были усреднены, просуммированы и приведены к полиномам второй степени (табл. 2). Проведенные расчеты показали, что наименьшее удельное аэродинамическое сопротивление, приходящееся на тонну веса (рис. 4), создается при движении вагонов модели 12-6877-02 как в порожнем, так и в груженом режиме. Это связано с наибольшими грузоподъемностью и погонной нагрузкой состава. Вагон модели 12-9548-01 имеет наибольшее удельное сопротивление, приходящееся на единицу веса. В груженом режиме со скоростью более 60 км/ч наибольшее значение сопротивления создается при движении поездов из вагонов модели 12-132. В целом же можно сделать вывод о слабой зависимости аэродинамического сопротивления полувагонов от конструк-

тивных особенностей различных моделей вагонов. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы. Существующие способы определения основного сопротивления движению отличаются высокой стоимостью и обладают удовлетворительной точностью только для испытанных типов подвижного состава. Распространение их результатов на другие виды вагонов приводит к существенному увеличению погрешности расчетов.

Таблица 2. Полиномы соотношения удельного аэродинамического сопротивления (Н/т) полувагонов и их частей и скорости движения (км/ч)

Сопротивление	Полином
Локомотив	$0,5300v^2 - 1,100v$
Порожний 4-осный полувагон	$0,1290v^2 + 0,022v$
Груженный 4-осный полувагон	$0,1018v^2 - 0,123v$
Хвостовое сопротивление	$0,0738v^2 - 1,032v$
Дополнительное сопротивление для 6-осного сочлененного полувагона	$0,0324v^2 + 0,181v$

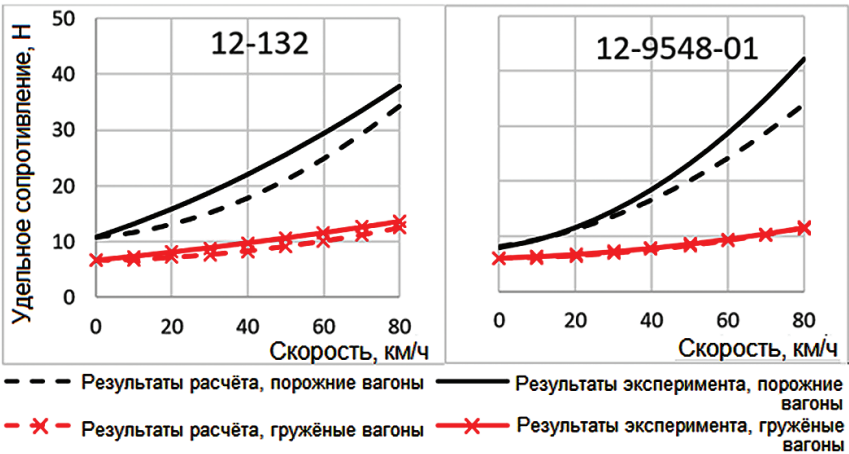


Рис. 4. Сравнение полученных результатов расчета сопротивления с натурным экспериментом

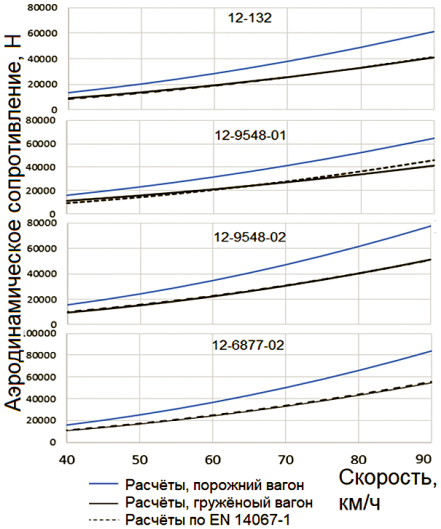


Рис. 3. Сравнение полученных результатов расчета сопротивления с расчетами по EN14067-1

Предложен способ определения основного сопротивления вагонов на цифровых моделях поездов. Расхождение с экспериментами составляет менее 15 %, что позволяет получить удовлетворительные результаты с существенно меньшей стоимостью и в более короткие сроки. Проведенные виртуальные эксперименты на цифровых моделях дополнительно показали:

- разброс значений удельного аэродинамического сопротивления полувагонов на единицу подвижного состава

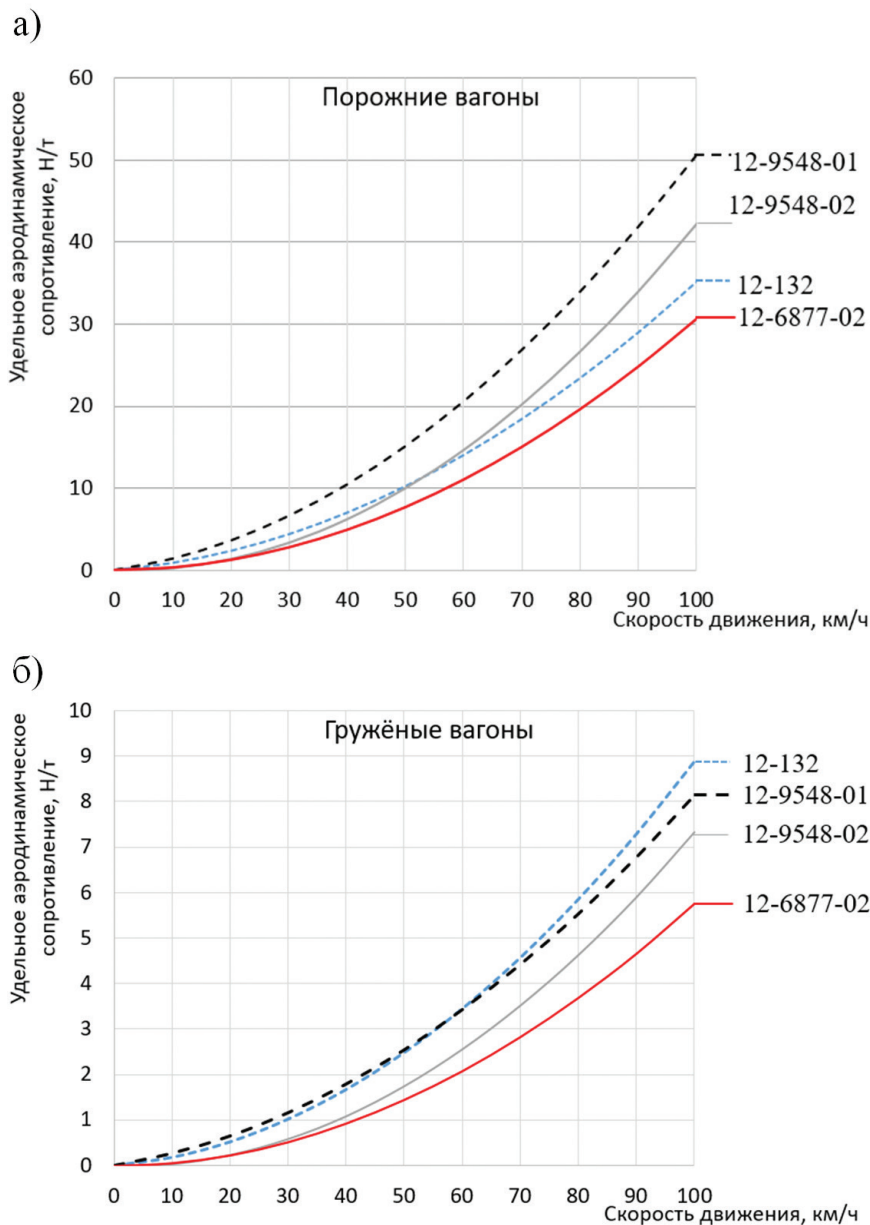


Рис. 5. Удельное аэродинамическое сопротивление (Н/т) однорядных поездов из вагонов различных моделей: а – порожние вагоны; б – груженные вагоны

около 10 % (кроме полувагона модели 12-132 в порожнем состоянии), следовательно, аэродинамическое сопротивление полувагона имеет слабую зависимость от учитываемых в моделях конструктивных особенностей рассмотренных вагонов;

- сочлененные полувагоны модели 12-6877-02 создают наименьшее удельное аэродинамическое сопротивление на единицу веса, так как имеют вид сочлененного вагона;

- вагоны модели 12-9548-01 создают наибольшее удельное сопротивление на единицу веса при скорости движения до 60 км/ч, единицу длины состава и единицу подвижного состава, а на скорости более 60 км/ч в груженом состоянии наибольшее удельное аэро-

динамическое сопротивление на единицу веса состава возникает при движении вагона модели 12-132;

- аэродинамическое сопротивление порожних полувагонов на 15 % больше, чем груженных.

Литература

1. Правила тяговых расчетов для поездной работы. – ОАО «РЖД», 2016. – 514 с.
2. Астахов, П. Н. Сопротивление движению железнодорожного подвижного состава // Труды ВНИИЖТ. Вып. 311. – Москва : Транспорт, 1966. – 176 с.
3. Комарова, А. Н. Сравнительная оценка сопротивления движению грузовых вагонов на тележках различных ти-

пов / А. Н. Комарова, Ю. П. Бороненко // Транспорт Российской Федерации. – 2014. – № 3 (52). – С. 69–72.

4. Комарова, А. Н. Влияние типов и параметров гасителей колебаний вагона на сопротивление движению / А. Н. Комарова, Ю. П. Бороненко // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2014. – № 2 (39). – С. 35–41.
5. Lukaszewicz, P. Energy Consumption and running time for trains Modelling of running resistance and driver behaviour based on full scale testing: doctoral thesis / Piotr Lukaszewicz. – Stockholm, 2001. – 163 p.
6. W.J. Davis Jr. Tractive resistance of electric locomotives and cars. – General Electric Review. – Vol. 29. – P. 685–708.
7. Harding W., On the resistances to railway trains at different velocities : Excerpt Minutes of proceedings of the Institution of Civil Engineers/ – London, 1846.
8. Schmidt, E. C. Freight Train Resistance. Its Relation to Car Weight. – Vol. 43 of Engineering Experiment Station Illinois University, Urbana, Illinois.
9. Profillidis V. A. Railway Management and Engineering: Fourth edition / Vassilios A. Profillidis – 2016. – 384 p.
10. Iwnicki S. Handbook of railway vehicle dynamics / Simon Iwnicki. – Taylor & Francis Group. – 2006. – 535 p.
11. CEN EN14067-1 Railway applications – Aerodynamics – Part 1 : Symbols and units. – European committee for standardization. – 2003.
12. Проведение испытаний грузовых инновационных вагонов производства АО «Тихвинский вагоностроительный завод» модели 12-9853 и 12-9869 в соответствии с требованиями СТО РЖД 10.002.2015. – Москва : ВНИИЖТ. 2016.
13. Проведение испытаний и получение исходных данных для расчета экономического эффекта от эксплуатации грузовых инновационных вагонов модели 12-9548-01 с осевой нагрузкой 27 тс в соответствие с методикой оценки экономической эффективности эксплуатации грузовых вагонов на железнодорожной инфраструктуре Российских железных дорог, утвержденной Минтранс РФ. – Москва : ВНИИЖТ, 2017.
14. Королев, Е. В. Аэродинамическое сопротивление плохо обтекаемых тел / Е. В. Королев, Р. Р. Жамалов // Вестник НГИЭИ. – 2011. – № 2. – С. 61–77.

Влияние величины непогашенного ускорения на интенсивность износа рельсов



О. Г. Краснов,
канд. техн. наук, заведующий
отделом пути и специального подвижного
состава АО «Научно-исследовательский
и конструкторско-технологический инсти-
тут подвижного состава»
(АО «ВНИКТИ»)



М. Г. Акашев,
ведущий инженер
АО «ВНИКТИ»



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

По данным исследований [1, 2], на интенсивность износа рельсов оказывают влияние более двадцати факторов. При этом регулируемые являются лишь два: возвышение наружного рельса, которое в зависимости от радиуса кривой и установленной скорости определяет движение подвижного состава с положительным или отрицательным непогашенным ускорением или со значением, близким к нулевому (характерно для равновесной скорости), и лубрикация рельсов. Выбор рациональных параметров каждого из представленных факторов приводит к минимизации износа рельсов.

Исследованию влияния возвышения наружного рельса, скорости движения и других факторов на износ рельсов посвящен ряд работ [3–8]. В методике [9] рациональная зона работы пути ограничена значениями непогашенных ускорений для грузовых вагонов $\pm 0,3 \text{ м/с}^2$.

Для определения влияния возвышения наружного рельса при установленной скорости движения подвижного состава на интенсивность бокового и вертикального износа проведено компьютерное моделирование процесса изнашивания рельса в программном комплексе Universal Mechanism 9.0 (UM): программы описания моделей (UM Input — uminput.exe) и моделирования движения (UM Simulation — umsimul.exe) с подключенными модулями UM Subsystems и UM Loco [10], а также входящим в него программным инструментом Rail Profile Wear Evolution [11].

Программный комплекс UM позволяет исследовать основные динамические характеристики вагонов и локомотивов, рамные, боковые и вертикальные силы в прямых и кривых участках пути с учетом детерминированных и случайных неровностей интегрированием дифференциальных уравнений движения.

Инструмент Rail Profile Wear Evolution позволяет:

- прогнозировать износ профилей рельсов;
- сохранять профили и эпюры износа после каждой итерации износа;
- рассчитывать показатели износа профилей рельсов;
- сохранять файлы рассчитанных переменных для каждой итерации износа.

Для расчета процесса изнашивания рельсов выбрана модель Шпехта [9], в которой используется линейная зависимость между объемным износом и работой сил трения. Предполагается существование ре-

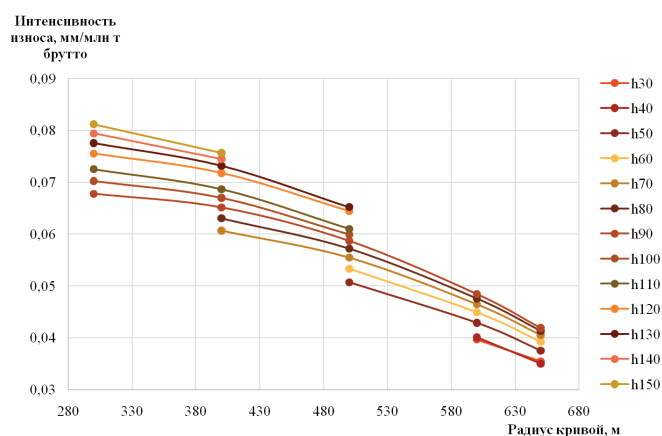


Рис. 1. Зависимости интенсивности износа боковой грани головки наружного рельса категории ДТ350 от воздействия грузовых полувагонов на тележках 18–100 с осевой нагрузкой 235 кН

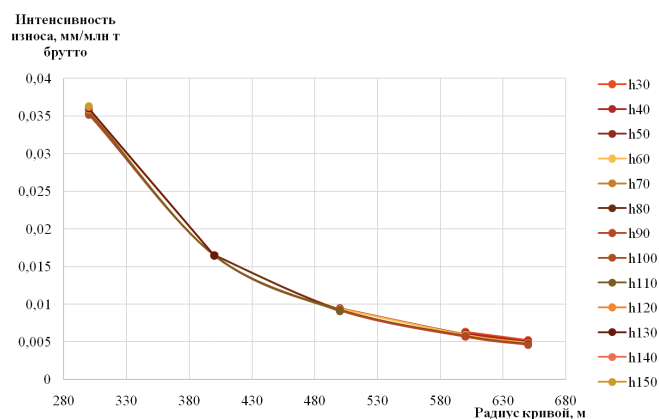


Рис. 2. Зависимости интенсивности вертикального износа головки наружного рельса категории ДТ350 от воздействия грузовых полувагонов на тележках 18–100 с осевой нагрузкой 235 кН

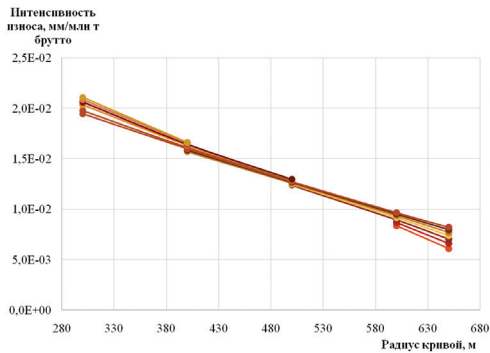


Рис. 3. Зависимости интенсивности вертикального износа головки внутреннего рельса категории ДТ350 от воздействия грузовых полувагонов на тележках 18–100 с осевой нагрузкой 235 кН

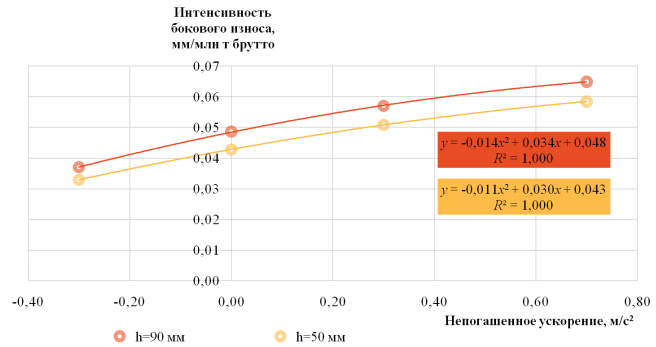


Рис. 4. Зависимости интенсивности бокового износа головки наружного рельса категории ДТ350 от воздействия грузовых полувагонов на тележках 18–100 с осевой нагрузкой 235 кН при разных значениях непогашенного ускорения для кривого участка пути $R = 600$ м

жимов умеренного и интенсивного износа с разными коэффициентами.

Для решения касательной контактной задачи используется алгоритм FastSim [12, 13]: пятно контакта дискретизируется на полосы равной ширины, параллельные оси x , которые, в свою очередь, делятся на равное количество элементов. Суммарный износ, накопленный в полосе, получается суммированием по всем элементам полосы.

В процессе моделирования динамики рельсового экипажа на этой дискретизации строится гистограмма распределения объемного износа по профилю, которая затем аппроксимируется B -сплайном.

Алгоритм определения износостойкости рельсов включает проведение наблюдений за кривыми участками пути, в которых уложены рельсы исследуемой категории качества, и сопоставление интенсивности износа в схожих условиях эксплуатации. Далее создается компьютерный проект реальной опытной кривой с движением по ней подвижного состава с учетом его типа и доли в структуре поездопотока. С помощью многовариантных расчетов процесса изнашивания рельсов методом подбора выбираются коэффициенты износа таким образом, чтобы экспериментальные и расчетные данные по боковому и вертикальному износу совпадали с высокой степенью сходимости [14].

При моделировании по модели Шпехта [15] задаются основные параметры изнашивания: коэффициент износа, критическая плотность мощности и коэффициент скачка.

Коэффициент износа влияет на интенсивность умеренного изнашивания на поверхности катания рельса — вертикальный износ. Коэффициент скачка — это повышающий коэффициент, определяющий интенсивное изнашивание в гребневом контакте, что в конечном счете влияет на боковой износ. Эти коэффициенты

Табл. 1. Интенсивность вертикального износа наружного рельса категории ДТ350 в зависимости от радиуса кривой и величины возвышения рельса

Возвышение рельса, мм	Радиус кривого участка пути, м					
	300	400	500	600	650	710
30				0,006330	0,005234	0,004244
40				0,006147	0,005056	0,004075
50			0,009473	0,006010	0,004921	0,003948
60			0,009372	0,005899	0,004814	0,003847
70		0,016502	0,009288	0,005807	0,004726	0,003764
80		0,016490	0,009216	0,005729	0,004650	
90	0,03517137	0,016479	0,009153	0,005661		
100	0,03540462	0,016470	0,009097			
110	0,03561696	0,016461	0,009046			
120	0,03581193	0,016453				
130	0,03599222	0,016446				
140	0,03615995					
150	0,03631681					

Табл. 2. Интенсивность вертикального износа внутреннего рельса категории ДТ350 в зависимости от радиуса кривой и величины возвышения рельса

Возвышение рельса, мм	Радиус кривого участка пути, м					
	300	400	500	600	650	800
30				0,00833888	0,00608042	-0,00227708
40				0,00866764	0,00659936	-0,00073812
50			0,01237385	0,00893278	0,00702127	0,00052280
60			0,01248475	0,00915504	0,00737790	0,00159736
70		0,01569458	0,01257853	0,00934700	0,00768793	0,00253750
80		0,01585346	0,01266140	0,00951818	0,00796488	
90	0,01945197	0,01599366	0,01273303	0,00967008		
100	0,01977770	0,01612060	0,01279750			
110	0,02035552	0,01634468	0,01291100			
120	0,02035552	0,01634468				
130	0,02061397	0,01644368				
140	0,02085646					
150	0,02108399					

Табл. 3. Непогашенные ускорения подвижного состава в зависимости от скорости его движения и величины возвышения рельса

Возвышение рельса, мм	Скорость, км/ч					
	30	40	50	60	70	80
<i>R</i> = 300 м						
60	–0,145	0,035	0,2640	0,547	0,879	–
90	–0,330	–0,148	0,0790	0,136	0,640	–
120	–0,520	–0,340	–0,1060	0,172	0,510	–
<i>R</i> = 400 м						
60	–0,145	0,035	0,1025	0,305	0,565	0,857
90	–0,392	–0,254	–0,0840	0,138	0,378	0,670
120	–0,58	–0,440	–0,2730	–0,058	0,190	0,472
<i>R</i> = 500 м						
60	–0,239	–0,129	0,007	0,177	0,377	0,609
90	–0,926	–0,316	–0,180	–0,010	0,190	0,922
120	–0,614	–0,504	–0,368	–0,200	–0,020	0,234
<i>R</i> = 600 м						
60	–0,261	–0,170	–0,056	0,085	0,251	0,445
90	–0,448	–0,357	–0,243	–0,102	0,064	0,258
120	–0,636	–0,545	–0,431	–0,290	–0,123	0,070

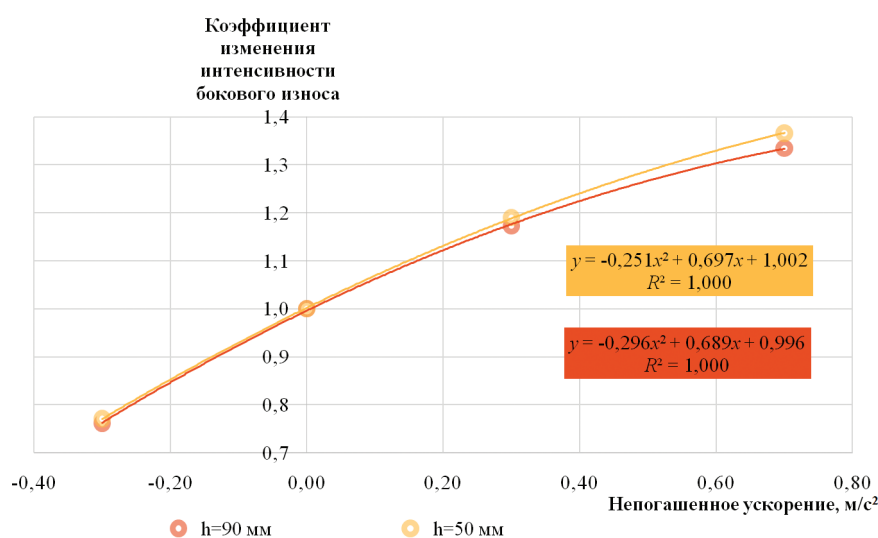


Рис. 5. Изменение функциональных коэффициентов, определяющих интенсивность бокового износа, в зависимости от величины непогашенного ускорения

подбираются с использованием экспериментальных данных по износу рельсов разных категорий качества, полученных в конкретных условиях эксплуатации.

Критическая плотность мощности сил трения — это принимаемая величина

на мощности, при превышении которой износ переходит из умеренного состояния в интенсивный.

Для прогнозирования бокового и вертикального износа рельсов вводится понятие «базовая интенсивность износа рельсов».

Табл. 4. Интенсивность вертикального износа наружного рельса категории ДТ350 в зависимости от величины возвышения рельса и непогашенного ускорения для кривой *R* = 600 м

Возвышение рельса, мм	Непогашенное ускорение, м/с²						
	–0,3	–0,2	–0,1	0	0,1	0,2	0,3
30	0,00716871	0,00723739	0,00731258	0,00739429	0,00748252	0,00757726	0,00767851
50	0,00712646	0,00719878	0,00727587	0,00735772	0,00744433	0,00753570	0,00763184
70	0,00708421	0,00716018	0,00723916	0,00732115	0,00740615	0,00749415	0,00758516
90	0,00704195	0,00712158	0,00720245	0,00728458	0,00736796	0,00745260	0,00753848

Это интенсивность износа боковой поверхности наружного рельса и вертикального износа поверхности катания, соответствующая интенсивности износа конкретных категорий рельсов от воздействия конкретного типа подвижного состава при движении последнего с равновесной скоростью для кривого участка пути конкретного радиуса.

В качестве базовых выбраны:

- рельсы категории ДТ350 производства АО «ЕВРАЗ ЗСМК»;
- грузовой полувагон на тележках 18–100;
- кривые участки пути радиусами R300, R400, R500, R600;
- продольный профиль пути с уклоном не более 5 ‰.

Радиус кривой является наиболее значимым фактором, влияющим на износ рельсов. Он связан с возвышением наружного рельса, определяющим устройство кривой (радиус, возвышение, длины переходных кривых L1, L2, длина круговой кривой). В результате проведенного моделирования для рельсов категории ДТ350 определены базовые величины интенсивности бокового и вертикального износа рельсов в зависимости от радиуса кривых и величины возвышения наружного рельса при движении с равновесной скоростью грузовых вагонов с осевыми нагрузками 235 кН на тележках 18–100.

На рис. 1 представлены номограммы интенсивности износа боковой грани головки наружного рельса при равновесной скорости движения базовых грузовых вагонов. Из графиков видно, что интенсивность бокового износа рельсов существенно снижается с увеличением радиуса кривой и с уменьшением величины возвышения наружного рельса.

На рис. 2 представлены зависимости интенсивности вертикального износа наружного рельса для разных величин его возвышения при равновесной скорости движения. На рис. 3 представлены зависимости интенсивности вертикального износа внутреннего рельса для разных величин возвышения наружного рельса при равновесной скорости движения.

Табл. 5. Интенсивность вертикального износа внутреннего рельса категории ДТ350 в зависимости от величины возвышения рельса и непогашенного ускорения для кривой $R = 600$ м

Возвышение рельса, мм	Непогашенное ускорение, м/с ²						
	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3
30	0,00915941	0,00910575	0,00904403	0,00897423	0,00889636	0,00881043	0,00871642
50	0,00941789	0,00934633	0,00927006	0,00918909	0,00910342	0,00901304	0,00891796
70	0,00967637	0,00958690	0,00949609	0,00940395	0,00931047	0,00921565	0,00911949
90	0,00993484	0,00982747	0,00972213	0,00961881	0,00951752	0,00941826	0,00932103

Величины базовой интенсивности вертикального износа головки наружного рельса категории ДТ350 от воздействия грузовых полувагонов на тележках 18–100 с осевой нагрузкой 235 кН представлены в табл. 1. Величины базовой интенсивности вертикального износа внутреннего рельса категории ДТ350 от воздействия грузовых полувагонов на тележках 18–100 с осевой нагрузкой 235 кН представлены в табл. 2.

Представленные зависимости интенсивности бокового и вертикального износа рельсов справедливы лишь для ограниченных базовых условий. В эксплуатации имеет место широкий набор различных факторов, которые вносят в результаты расчетов заметные коррективы. Так, к факторам, оказывающим значительное влияние на износ рельсов, можно отнести: скорость движения подвижного состава, лубрикацию рельсов, конструкцию экипажных частей и осевые нагрузки подвижного состава, находящегося в эксплуатации на рассматриваемом участке пути, продольный профиль пути, определяющий движение поездов на подъемах и спусках, типы применяемых промежуточных рельсовых креплений и др.

Скорость движения подвижного состава при выбранных параметрах кривой (радиусе и возвышении наружного рельса) определяет работу рельсов в диапазонах:

- движения с отрицательным непогашенным ускорением:

$$a_{н.у.} = \frac{v_{\max}^2}{R} - \frac{gh}{S_p} < 0; \quad (1)$$

- движение с равновесной скоростью:

$$a_{н.у.} = \frac{v_{\max}^2}{R} - \frac{gh}{S_p} = 0; \quad (2)$$

- движение с положительным непогашенным ускорением:

$$a_{н.у.} = \frac{v_{\max}^2}{R} - \frac{gh}{S_p} > 0. \quad (3)$$

где $a_{н.у.}$ — величина непогашенного центростремительного ускорения, м/с²;

$v_{\max}$ — максимальная скорость движения подвижного состава, м/с²;

R — радиус кривой, м;

g — ускорение свободного падения, м/с²;

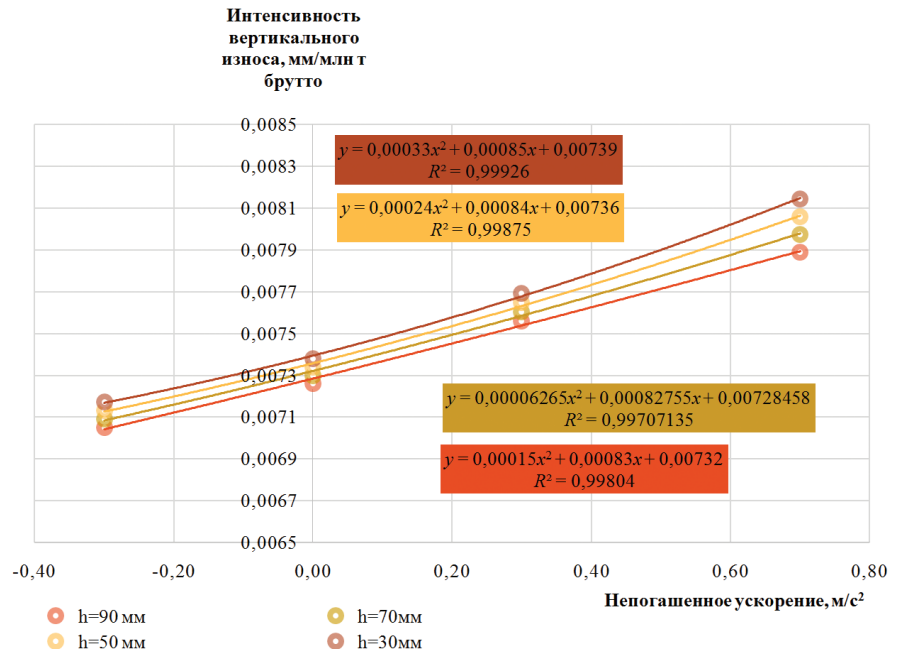


Рис. 6. Зависимости интенсивности вертикального износа головки наружного рельса категории ДТ350 от воздействия грузовых полувагонов на тележках 18–100 с осевой нагрузкой 235 кН при разных значениях непогашенного ускорения

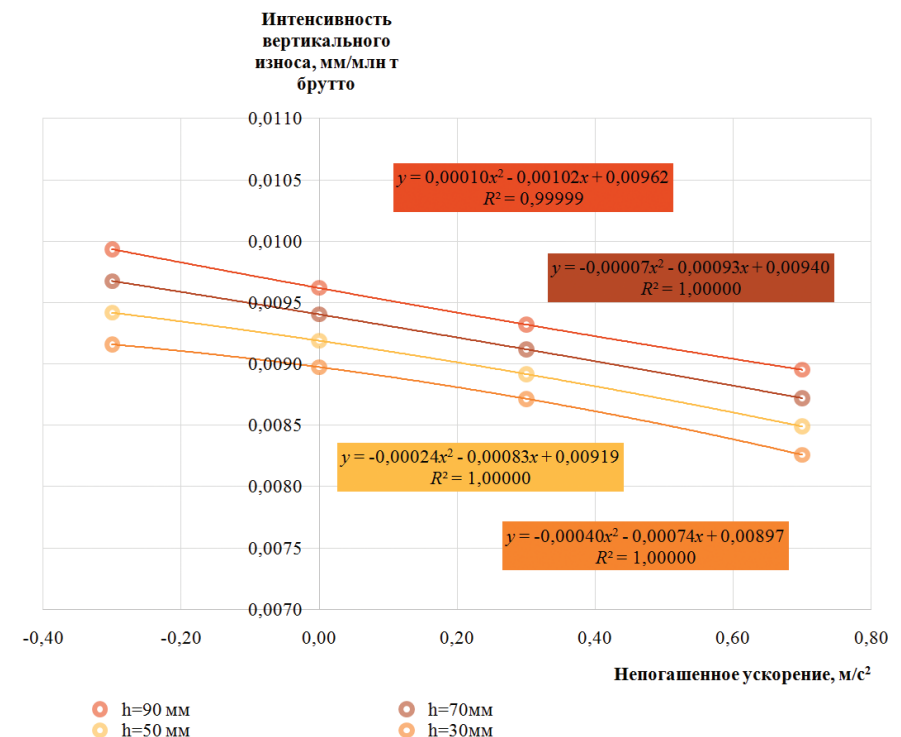


Рис. 7. Зависимости интенсивности вертикального износа головки внутреннего рельса категории ДТ350 от воздействия грузовых полувагонов на тележках 18–100 с осевой нагрузкой 235 кН при разных значениях непогашенного ускорения

h — возвышение наружного рельса, мм;

S_p — расстояние между осями рельсов, м.

В табл. 3 представлены значения непогашенных ускорений в зависимости от величины возвышения рельса и скорости движения подвижного состава.

Зависимости интенсивности износа рельсов от радиуса кривой, возвышения наружного рельса и скорости движения являются нелинейными.

На рис. 4 представлены зависимости интенсивности бокового износа наружного рельса от величин непогашенного ускорения и возвышения наружного рельса 50 и 90 мм для кривого участка пути $R = 600$ м.

Анализ интенсивности бокового износа головки наружного рельса от величин непогашенного ускорения показал, что она увеличивается с повышением положительного непогашенного ускорения и снижается при отрицательных величинах $a_{н.у.}$ по полиномиальным зависимостям. Сохраняется тенденция к увеличению интенсивности износа с увеличением величины возвышения наружного рельса.

На рис. 5 представлены функциональные коэффициенты, определяющие зависимости интенсивности бокового износа от величины непогашенного ускорения.

Коэффициенты сохраняют ту же зависимость, что и интенсивность бокового износа от непогашенного ускорения, при этом они слабо зависят от величин возвышения наружного рельса. Это позволяет использовать единую функциональную зависимость для разных возвышений наружного рельса в пределах эксплуатационных интервалов их использования 30...90 мм.

На рис. 6 представлены зависимости интенсивности вертикального износа наружного рельса от величин непогашенного ускорения и величины возвышений рельса 90, 70, 50, 30 мм для кривого участка пути $R = 600$ м.

Интенсивность вертикального износа наружного рельса категории ДТ350 в зависимости от воздействия грузовых полувагонов на тележках 18–100 с осевой нагрузкой 235 кН для разных величин непогашенного ускорения представлена в табл. 4.

На рис. 7 представлены зависимости интенсивности вертикального износа внутреннего рельса от величин непогашенного ускорения и возвышений рельса 90, 70, 50, 30 мм для кривого участка пути $R = 600$ м.

Интенсивность вертикального износа внутреннего рельса категории ДТ350 от воздействия грузовых полувагонов на тележках 18–100 с осевой нагрузкой 235 кН представлена в табл. 5.

Интенсивность вертикального износа наружного и внутреннего рельсов категории ДТ350 от воздействия грузовых полувагонов на тележках 18–100 с осевой нагрузкой 235 кН изменяется от величин непогашенного ускорения по зависимостям, близким к линейным. При этом с увеличением по абсолютному значению величин непогашенного ускорения интенсивность вертикального износа наружного рельса повышается, а внутреннего рельса — снижается.

Во всех случаях с возвышением наружного рельса интенсивность как бокового, так и вертикального изнашивания рельсов возрастает.

Таким образом, с учетом большого количества значимых факторов, влияющих на износ рельсов, представляется целесообразным ввести понятие базовой интенсивности износа конкретной категории рельсов и типа подвижного состава при равновесной скорости движения.

Расчетным путем с использованием программного инструмента Rail Profile Wear Evolution программного комплекса Universal Mechanism определены базовые интенсивности бокового и вертикального износа для кривых разных радиусов и величин возвышения наружного рельса при равновесной скорости движения.

Установлены зависимости изменения от базовой интенсивности бокового и вертикального износа рельсов при отклонении от равновесной скорости движения для отрицательных и положительных величин непогашенного ускорения. ■

Литература

1. Гозбенко, В. Е. Анализ и пути снижения износа рельсов и колес подвижного состава / Гозбенко В. Е., Тувшинтур Б. // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. — 2015. — № 3. — С. 191–197.
2. Антерейкин, Е. С. Оценка влияния параметров рельсовой колеи на интенсивность износа рельсов в кривых : автореф. диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. — Москва : 2010. — 18 с.
3. Карпущенко, Н. И. Износ и сроки службы рельсов и колес подвижного состава / Карпущенко Н. И., Котова И. А. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. — 2003. — № 2. — С. 41–46.
4. Андриевский, С. М. Боковой износ рель-

сов на кривых // Тр. ЦНИИ МПС. 1961. — № 374.

5. Вериги, М. Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава в кривых малого радиуса и борьба с боковым износом рельсов и гребней колес. — Москва : ПТКБ ЦП МПС, 1997. — 207 с.
6. Осташко, И. А. Влияние параметров рельсовой колеи на износ рельсов в кривых: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. — Новосибирск : Сибирская акад. путей сообщения, 1997. — 17 с.
7. Косенко, С. А. Оценка влияния промежуточных скреплений на интенсивность износа рельсов в кривых / Косенко С. А., Акимов С. С. // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные факторы развития транспорта. Теория и практика» : в 3 ч. — 2018. — С. 32–40.
8. Соколов, О. М. Оценка влияния конструкции рельсовых скреплений на износ рельсов разных категорий в кривых малого радиуса (менее 650 м) на участках с повышенными осевыми нагрузками для анализа возможности увеличения межремонтных интервалов // НП «Рельсовая комиссия». III блок «Исследования и перспективы по снижению повреждаемости рельсов». — Анапа, 2020.
9. Методика определения возвышения наружного рельса в кривых участках пути : приложение к указанию МПС России от 17.03.1997. № 333у. — 14 с.
10. Универсальный механизм — моделирование динамики железнодорожных экипажей / Лаборатория вычислительной механики БГТУ. — URL: www.umlab.ru (дата обращения : 06.03.2021).
11. Универсальный механизм — прогнозирование износа профилей колес и рельсов / Лаборатория вычислительной механики БГТУ. — URL: www.umlab.ru (дата обращения : 06.03.2021).
12. Jendel T. Prediction of wheel profile wear — comparisons with field measurements // Wear. — 2002. — № 253. — P. 89–99.
13. Archard J. F. Contact and rubbing of flat surface // Journal of Applied Physics. — 1953. — Vol. 24. — № 8. — P. 981–988.
14. Specht W. New particulars of wear of heavy railway carriage wheels // Glasers Annalen. — 1987. — № 9. — P. 271–280.
15. Экспериментальные исследования по определению среднесетевых профилей поверхности катания колес грузовых вагонов и локомотивов : отчет о НИР: И-17-11. — Коломна : АО «ВНИКТИ», 2011. — 103 с.

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

Транспорт и модернизация: теоретические аспекты взаимного влияния // Транспорт РФ. — 2021. — № 3 (94). — С. 3–8.

В статье рассмотрено развитие транспорта в контексте первичной и вторичной модернизации. Выявлено взаимное влияние транспортной деятельности и важнейших аспектов каждой из фаз модернизации. Определены вызовы для транспортной системы, возникающие в ходе углубления модернизации и возможные варианты ответов на эти вызовы. Сделан вывод о необходимости проведения эмпирических исследований взаимосвязи модернизации и развития транспорта и определены общие контуры таких исследований.

Ключевые слова: модернизация, транспорт, индустриальная экономика, урбанизация, городские пассажирские перевозки, развитие глобализации, экологизация, декарбонизация, цифровизация

Контактные данные: macheret.dmitry@vniizht.ru

Александр Ю. Паньчев, канд. экон. наук, доцент, ректор Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС)

Виктория А. Черняева, канд. техн. наук, доцент, начальник Управления качества, лицензирования и аккредитации ПГУПС

Конкурентоспособность транспортных университетов: перспективы вхождения в международные рейтинги // Транспорт РФ. — 2021. — № 3 (94). — С. 9–15.

В статье представлен анализ методологии международных рейтингов вузов. Дано определение и оценка связи между положением российских вузов в рейтингах и такими ключевыми показателями, как отношение дохода организации из всех источников в пересчете на одного студента и среднее соотношение количества студентов вуза на одного научно-педагогического работника (НПР), а также моделирование позиций транспортных вузов в институциональных международных рейтингах (в случае обеспечения входных критериев). Для анализа данных построены зависимости в виде линейной аддитивной модели и нелинейной мультипликативной модели. Полученные результаты позволяют сделать выводы о наличии высокой связи между вышеуказанными переменными: позиция в рейтинге тем выше, чем выше доход на одного студента и меньше соотношение «студент / НПР». Также велико влияние результатов применения экспертных оценок на силу корреляционной связи и итогового положения вуза в международных рейтингах. Транспортные вузы при сегодняшней доходной базе и соотношении «студент / НПР» имеют невысокие шансы попадания в топ-500 лучших образовательных организаций мира.

Ключевые слова: высшее образование, транспортный вуз, мировой рейтинг, международный рейтинг, методология рейтинга, доход вуза, положение в рейтинге, соотношение студент/преподаватель, моделирование позиций в рейтинге

Контактные данные: rector@pgups.ru, chernyaeva@pgups.ru

Валерий Н. Мячин, д-р техн. наук, профессор, генеральный директор Научно-исследовательского и проектного института территориального инфраструктур (ООО «НИПИ ТРТИ»)

Станислав В. Цибро, первый заместитель генерального директора — руководитель департамента социально-экономических исследований ООО «НИПИ ТРТИ»

Алина А. Баскакова, канд. экон. наук, руководитель проектного направления экономики транспорта ООО «НИПИ ТРТИ»

Особенности разработки системы транспортного обслуживания удаленных территорий // Транспорт РФ. — 2021. — № 3 (94). — С. 16–21.

В статье рассматривается проблема разработки системы транспортного обслуживания удаленных территорий на примере Чукотского автономного округа. Цель исследования — определить метод выбора оптимального варианта доставки грузов от месторождений на удаленных территориях до внешнего

транспортного узла с учетом расходов на развитие транспортной инфраструктуры и затрат на доставку грузов. При анализе специфики региона выявлен ряд ограничивающих факторов, которые влияют на управленческие решения и приводят к росту капитальных и эксплуатационных затрат. Даны рекомендации по управленческим решениям при организации транспортного обслуживания удаленных территорий, приведен перечень затрат для сравнения вариантов системы транспортного обслуживания удаленных территорий и выбора оптимального варианта, исходя из многокритериального анализа.

Ключевые слова: транспортное обслуживание, удаленная территория, капитальные затраты, эксплуатационные затраты

Контактные данные: vmyachin@ipr.ru, stas@ipr.ru, abaskakova@ipr.ru

Александр С. Буянов, канд. экон. наук, заместитель генерального директора по научной работе, по развитию, экономике и экологии морского транспорта АО «Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота»

Методы оценки стоимости перевозки грузов морским транспортом в условиях ограниченного информационного обеспечения // Транспорт РФ. — 2021. — № 3 (94). — С. 22–27.

Описаны основные подходы к оценке эксплуатационных расходов морских судов и стоимости перевозки единицы груза. Проанализирована структура бюджета постоянных и переменных расходов. Выполнено сравнение рассмотренных методов оценки на различных стадиях разработки проекта.

Ключевые слова: морской транспорт, судно, эксплуатация, расходы, бюджет затрат, экономика, стоимость, себестоимость, тайм-чартер, инвестиции

Контактные данные: BuyanovAS@cniimf.ru

Евгений А. Куклев, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой № 6 «Механики» Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации

Моделирование опасных сценариев событий при эксплуатации транспортных систем в условиях неопределенности ситуаций // Транспорт РФ. 2021. № 3 (94). С. 28–32.

Проведена оценка уровней безопасности эксплуатации воздушных судов (и транспортных систем) на основе показателей риска возникновения опасных ситуаций, обусловленных нарушением стандартов эксплуатации и возмущениями разного рода. Управление безопасностью формируется для структур и состояний систем, определенных в нечетких множествах Fuzzy Sets на основе «уравнения катастрофы» в форме комбинаций логических условий возникновения опасных сценариев (событий) при потере системой свойств функциональности.

Ключевые слова: рисковое событие, неопределенность, уравнение катастрофы

Контактные данные: ekuklev@mail.ru

Павел А. Кравченко, д-р техн. наук, профессор, научный руководитель Института безопасности дорожного движения Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (ИБДД СПбГАСУ)

Елена М. Олещенко, канд. техн. наук, доцент, директор Центра повышения квалификации автомобильно-дорожного факультета СПбГАСУ

Сергей Н. Доценко, заведующий лабораторией кафедры наземных транспортно-технологических машин СПбГАСУ

Алгоритмизация процессов функционирования автомобильных автоматизированных систем активной безопасности // Транспорт РФ. — 2021. — № 3 (94). — С. 33–36.

Рассмотрена проблема расширения области знаний о факторах, влияющих на уровень обеспечиваемой БДД и не находящихся в поле зрения ответственных должностных лиц. К таким факторам отнесены уровни показателей функциональных свойств автомобильных автоматизированных систем активной безопасности, учитывая их высокую социальную значимость. Дается толкование функционально обязательных для исследуемой темы ключевых терминов, обоснование

необходимости алгоритмической формы представления процессов функционирования указанных систем и ее реализации. Приведена алгоритмическая (структурно-функциональная) математическая модель системы организационного управления деятельностью по контролю технического состояния исследуемых систем и механизмы формирования показателей ее функциональных свойств.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения (БДД), система, функциональное свойство (ФС), показатели ФС, факторы, ключевые термины, беспилотные транспортные средства (БТС)

Контактные данные: obdd2008@mail.ru, dot_se_nko@mail.ru

Султан В. Жанказиев, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Организация и безопасность движения» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)

Андрей И. Воробьев, канд. техн. наук, доцент кафедры «Организация и безопасность движения» МАДИ

Александр В. Якутов, канд. техн. наук, исполнительный директор Управления исследований и инноваций ПАО «Сбербанк России»

Технологический конкурс как прототип полигонных испытаний функциональной безопасности ВАТС // Транспорт РФ. — 2021. — № 3 (94). — С. 37–39.

Рассмотрены вопросы испытаний высокоавтоматизированных транспортных средств (ВАТС) в ограниченной среде на минимальный функционал, обеспечивающий допуск автомобиля к расширенным тестированиям на дорогах общего пользования. Описана проверка функциональной безопасности ВАТС с помощью тестирования при проведении технологических конкурсов.

Ключевые слова: автоматизированные транспортные средства, автономное движение, безопасность дорожного движения, технологические конкурсы

Контактные данные: sultanv@mail.ru, andrey552@yandex.ru, yakutov@yandex.ru

Иван И. Батищев, канд. экон. наук, старший научный сотрудник, заведующий научно-исследовательским сектором «Управление перевозками грузов автомобильным транспортом» ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта» (НИИАТ)

Ирина А. Можайская, научный сотрудник научно-исследовательского сектора «Управление перевозками грузов автомобильным транспортом» НИИАТ

Актуальные проблемы развития грузоперевозящего автотранспортного парка в РФ // Транспорт РФ. — 2021. — № 3 (94). — С. 40–44.

Рассмотрены некоторые проблемы учета парка грузовых и грузоперевозящих автомобилей, внесенные предложения по совершенствованию этих показателей на грузовом автомобильном транспорте, а также по расширению сферы действия системы «Платон» на дорожной сети Российской Федерации.

Ключевые слова: перевозки грузов автомобильным транспортом, объем перевозок грузов, грузооборот, парк грузоперевозящих автомобилей, прицепов и полуприцепов, специальные автомобили, «теневой» рынок грузоперевозок

Контактные данные: mir@niiat.ru

Дмитрий Ю. Левин, д-р техн. наук

Логистика перевозочного процесса железных дорог // Транспорт РФ. 2021. — № 3 (94). — С. 45–50.

Логистика эксплуатационной работы железных дорог изучает помехи, риски, возникающие в перевозочном процессе, и вырабатывает механизмы борьбы с ними. Первая часть статьи опубликована в № 1–2 (92–93) журнала «Транспорт Российской Федерации». Во второй части статьи представлен развернутый анализ недостатков инфраструктуры, рекомендации по управлению поездообразованием и бюджетированию перевозочного процесса.

Ключевые слова: железнодорожный конвейер, логистические цепи перевозочного процесса, неравномерность, стихийность, системность, взаимодействие, бесперебойность, конечные финансовые результаты

Контактные данные: levindu@yandex.ru

Дмитрий В. Ефанов, д-р техн. наук, доцент, зам. генерального директора по научно-исследовательской работе ООО НТЦ «Комплексные системы мониторинга», профессор Высшей школы транспорта Института машиностроения, материалов и транспорта Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, профессор кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Российского университета транспорта (МИИТ)

Герман В. Осадчий, зам. генерального директора — главный инженер ООО НТЦ «Комплексные системы мониторинга», старший преподаватель кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I

Игорь А. Аганов, генеральный директор ООО НТЦ «Комплексные системы мониторинга»

Барьерная функция систем мониторинга в увязке с системами управления движением поездов // Транспорт РФ. — 2021. — № 3 (94). — С. 51–56.

В статье описаны концептуальные принципы увязки систем технического диагностирования и мониторинга с системами управления движением поездов в части реализации барьерной функции, что направлено на совершенствование подходов к обеспечению безопасности перевозочного процесса. Показано, что системы железнодорожной автоматики и телемеханики не могут обеспечивать безопасность при достижении предельных состояний объектов железнодорожной инфраструктуры, с которыми они непосредственно не взаимодействуют. Предложено осуществлять автоматическую увязку систем с целью передачи информации о скоростных ограничениях при проследовании объекта диагностирования и мониторинга (вплоть до полной остановки) поезду диспетчеру и машинисту, что потребует совершенствования принципов построения систем технического диагностирования и мониторинга объектов железнодорожной инфраструктуры и модернизации нормативной базы.

Ключевые слова: системы железнодорожной ав-

томатики и телемеханики, системы технического диагностирования и мониторинга, объекты железнодорожной инфраструктуры, индекс «живучести» объекта диагностирования, увязка системы мониторинга и системы управления, безопасность движения поездов, барьерные функции систем мониторинга

Контактные данные: TrES-4b@yandex.ru, osgerman@mail.ru, 7157000@bk.ru

Юрий П. Бороненко, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС), генеральный директор АО «НВЦ «Вагоны»

Борис О. Поляков, аспирант ПГУПС, инженер-испытатель АО «НВЦ «Вагоны»

Татьяна М. Белгородцева, заведующий НИЛ «Динамика вагонов» ПГУПС

Определение аэродинамического сопротивления грузовых поездов с инновационными полувагонами на цифровых моделях // Транспорт РФ. — 2021. — № 3 (94). — С. 57–61.

При разработке методики уточненного определения аэродинамического сопротивления движению поездов, составленных из полувагонов различных типов, при помощи математического моделирования движения грузового поезда в программном комплексе ANSYS Workbench (модуль Fluent) получены траектории скорости воздушных потоков, значения давлений и силы аэродинамического сопротивления поезда, локомотива, груженых и порожних полувагонов. Проведен сравнительный анализ результатов расчетных и экспериментальных данных. Уточненный расчет сопротивления движению грузовых вагонов при помощи цифровых моделей позволит лучше прогнозировать расходы электроэнергии и топлива на тягу поездов, создавать новые энергоэффективные конструкции.

Ключевые слова: аэродинамика, грузовый поезд, полувагоны, цифровая модель, сопротивление движению

Контактные данные: Boron49@yandex.ru, tm-belg@yandex.ru

Олег Г. Краснов, канд. техн. наук, заведующий отделом пути и специального подвижного состава АО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (АО «ВНИКТИ»)

Михаил Г. Акашев, ведущий инженер АО «ВНИКТИ»

Наталья М. Никонова, ведущий программист АО «ВНИКТИ»

Влияние величины непогашенного ускорения на интенсивность износа рельсов // Транспорт РФ. — 2021. — № 3 (94). — С. 62–66.

Представлены результаты моделирования бокового и вертикального износа рельсов в зависимости от радиуса кривых и возвышения рельса. Учитывая, что износ рельсов зависит от многих факторов, введено понятие «базовая интенсивность изнашивания» — износ для конкретной категории рельсов от воздействия грузового вагона при равновесной скорости движения. Представлены номограммы бокового и вертикального износа рельсов от радиуса кривой и возвышения рельса. Получены интенсивности бокового и вертикального износа рельсов от непогашенного ускорения. Установлено, что изменения интенсивности бокового износа рельсов имеют полиномиальную зависимость, которая монотонно возрастает по мере увеличения непогашенного ускорения. Интенсивности вертикального износа наружного и внутреннего рельсов имеют взаимно возрастающие и убывающие зависимости, описываемые полиномами второй степени. При росте величин непогашенного ускорения происходит повышение износа наружного рельса при одновременном снижении износа внутреннего рельса.

Ключевые слова: рельсы, боковой и вертикальный износ, интенсивность, радиус кривой, равновесная скорость, непогашенное ускорение

Контактные данные: info@vnikti.com

Dmitrii A. Macheret, Dr. Sc. Econ., professor, first deputy chair of the United Academic Council of the Russian Railways JSC, professor, Russian University of Transport (MIIT)

Transport and modernisation: theoretical aspects of mutual influence // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 3 (94). — P. 3–8.

The paper considers development of transport in the context of primary and secondary modernisation. Mutual influence of transport activities and most important aspects of every phase of modernisation is determined. Challenges to the transport system that appear in the course of deepening modernisation and the possible responses to these challenges are identified. Conclusion is reached regarding the need for conducting empirical studies into mutual connection of modernisation and development of transport, and basic outlines or such studies are defined.

Keywords: modernisation, transport, industrial economy, urbanisation, urban passenger transportation, development of globalisation, environmentalisation, decarbonisation, digitalisation

Contact: macheret.dmitry@vniizht.ru

Aleksandr Iu. Panychev, Cand. Sc. Econ., senior lecturer, rector, Emperor Alexander I St Petersburg State Transport University

Viktoriia A. Cherniaeva, Cand. Sc. Eng., senior lecturer, head of the Quality, Licensing and Accreditation Directorate, Emperor Alexander I St Petersburg State Transport University

Competitiveness of transport universities: prospects of entering international ratings // Transport of the Russian Federation. — 2021. № 3 (94). — P. 9–15.

The paper presents an analysis of methodology of international university ratings. A definition, an evaluation of connection between the position of Russian universities in the ratings and such key indicators as

the share of the organisation's income from all sources per one student and average number of students per one educational and research employee, and modelling of positions of transport universities in international institutional ratings (in case entrance criteria are met) are provided. For data analysis, functions in the shape of a linear additive model and a non-linear multiplicative model were formulated. The results obtained allow for the conclusion that a high degree of interdependence exists between the aforementioned variables: the position in the rating is the higher the higher is the income per one student and the lower the student to educational and research employee ratio. Results of application of expert evaluations also make significant influence on the force of correlational relationship and the final place of a university in international ratings. With the current income base and the student to educational and research employee ratio have low chances of entering the lists of the world's top 500 best educational organisations.

Keywords: higher education, transport university, world rating, international rating, rating methodology, university income, rating position, student to teacher ratio, modelling of rating positions

Contacts: rector@pgups.ru, chernyaeva@pgups.ru

Valerii N. Miachin, Dr. Sc. Eng., professor, director general, Scientific Research and Design Institute of Territorial Development and Transport Infrastructure (NIPI TRTI)

Stanislav V. Tsibiro, first deputy director general, head of the socioeconomic research department, NIPI TRTI

Alina A. Baskakova, Cand. Sc. Econ., head of the transport economy work stream, NIPI TRTI

Special features of developing a transport service system for remote territories // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 3 (94). — P. 16–21.

The paper considers the problem of developing a

transport service system for remote territories on the example of Chukotka Autonomous Okrug. The objective of the study is to determine a method for selecting an optimum option for delivery of cargoes from mine fields in the remote territories to an outside transport junction, considering spending in development of transport infrastructure and expenditure on cargo delivery. In the process of analysis of the region's special features, several limiting factors impacting managerial decisions and increasing investment and operational costs were identified. Recommendations for managerial decisions in organisation of transport services in remote territories were provided, and a list of costs was provided for comparing the options for providing transport services to remote territories and selecting the optimal option proceeding from multi-criteria analysis.

Keywords: transport services, remote territory, investment costs, operational costs

Contacts: vmyachin@ipr.ru, stas@ipr.ru, abaskakova@ipr.ru

Aleksandr S. Buianov, Cand. Sc. Econ., deputy director general for scientific work, development, economy and ecology of maritime transport, Central Scientific Research, Design and Engineering Institute for Maritime Fleet

Methods of estimating the cost of transporting cargoes by maritime transport under conditions of limited information supply // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 3 (94). — P. 22–27.

The paper describes main approaches to evaluation of operation costs of maritime vessels and the cost of transportation of a unit of cargo. Budgetary structure of constant and variable costs is analysed. The considered methods of evaluation at different stages of development of a project are compared.

Keywords: maritime transport, vessel, operation, costs,

budget costs, economy, value, cost price, time charter, investments.

Contact: BuyanovAS@cnimf.ru

Evgenii A. Kuklev, Dr. Sc. Eng., professor, chair of the department № 6 Mechanics, St Petersburg State Civil Aviation University

Simulation of dangerous scenarios of events during operation of transport systems under conditions of uncertainty situations // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 3 (94). — P. 28–32.

The paper presents an evaluation of safety levels of aircraft (and transport system) operation based on indices of risk of occurring dangerous situations conditioned by breaching operation standards and disturbances of various types. Safety management is formed for structures and system states defined in fuzzy sets based on the 'catastrophe equation' in the form of a combination of logical conditions for occurring of dangerous scenarios (events) as the system loses functionality qualities.

Keywords: risk event, indeterminacy, catastrophe equation

Contact: ekuklev@mail.ru

Pavel A. Kravchenko, Dr. Sc. Eng., professor, head of research of the Traffic Safety Institute, St Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU)

Elena M. Oleshchenko, Cand. Sc. Eng., senior lecturer, director of the Centre of Continuing Education of the Motor Car and Road Faculty, SPbGASU

Sergei N. Dotsenko, laboratory head of the Ground-type Transport and Technological Machines department, SPbGASU

Algorithmicising of the processes of functioning of motor-car preventive safety automated systems // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 3 (94). — P. 33–36.

The paper considers the problem of expanding the knowledge area regarding the factors impacting the level of traffic safety being ensured which are outside the field of vision of responsible officials. Such factors include levels of performance attributes of motor-cars' preventive safety automated systems, considering their high social importance. The paper provides a definition of functionally obligatory key terms for the subject being studied, a justification for the necessity of an algorithmic form of presenting the processes of functioning of aforementioned systems and its implementation. An algorithmic (structural-functional) mathematical model of a system of organisational management of operation in control of technical state of systems being studied and the mechanisms of forming the indices of its performance attributes are provided.

Keywords: traffic safety, system, performance attribute, performance attribute indices, factors, key terms, pilotless vehicles

Contacts: obdd2008@mail.ru, dot_se_nko@mail.ru

Sultan V. Zhankaziev, Dr. Sc. Eng., professor, chair of the Traffic Organisation and Safety department, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)

Andrei I. Vorob'ev, Cand. Sc. Eng., senior lecturer of the Traffic Organisation and Safety department, MADI

Aleksandr V. Iakutov, Cand. Sc. Eng., executive director of the Research and Innovations Directorate, SherBank

Technological competition as a prototype of ground test of highly automated vehicles' functional safety // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 3 (94). — P. 37–39.

The paper considers the issues of testing highly automated vehicles in confined environment for minimum functionality, which ensures permitting the car to undertake expanded testing in public roads. Checking highly automated vehicles' functional safety with the

help of testing during conducting technological competitions is described.

Keywords: automated vehicles, autonomous movement, traffic safety, technological competitions

Contacts: sultanv@mail.ru, andrey552@yandex.ru, yakutoff@yandex.ru

Ivan I. Batishchev, Cand. Sc. Econ., senior researcher, head of the scientific research sector for cargo transportation by motor transport, Scientific and Research Institute of Motor Transport (JSC NIIAT)

Irina A. Mozhaiskaia, researcher, scientific research sector for cargo transportation by motor transport, JSC NIIAT

Current problems in the development of cargo-carrying motor vehicle fleet in the Russian Federation // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 3 (94). — P. 40–44.

The authors consider some problems in registering the fleet of lorries and cargo-carrying motor vehicles, make proposals for perfecting these indices in cargo motor transport and for increasing the sphere of application of the Platon system in the road network of the Russian Federation.

Keywords: cargo transportation by motor transport, cargo transportation volume, cargo turnover, cargo-carrying motor vehicle, trailer and semi-trailer fleet, special motor vehicles, grey market in cargo transportation

Contact: mir@niiat.ru

Dmitrii Iu. Levin, Dr. Sc. Eng.

Logistics of railway transportation process // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 3 (94). — P. 45–50.

Logistics of railway field operation studies disruptions and risks occurring in the transportation process and develops mechanisms of fighting against them. The first part of the paper was published in the Transport of the Russian Federation issue 1-2 (92-93). The second part presents an extended analysis of infrastructural shortcomings, recommendations for managing train formation and budgeting transportation process.

Keywords: railway conveyor, logistical chains of a transportation process, irregularity, spontaneity, systemic approach, interaction, regularity, final financial results

Contact: levindu@yandex.ru

Dmitrii V. Efanov, Dr. Sc. Eng., senior lecturer, deputy director general for research work, Complex Monitoring Systems Research and Technology Centre, Higher School of Transport professor at the Engineering, Materials and Transport Institute, Peter the Great St Petersburg Polytechnic University, professor of the Automatics, Telemechanics and Communications in Railway Transport department, Russian University of Transport (MIIT)

German V. Osadchii, deputy director general, chief engineer, Complex Monitoring Systems Research and Technology Centre, chief instructor of the Automatics and Telemechanics on the Railways department, Emperor Alexander I St Petersburg State Transport University (PGUPS)

Igor' A. Aganov, director general, Complex Monitoring Systems Research and Technology Centre

Barrier function of the monitoring systems in connection with train movement management systems // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 3 (94). — P. 51–56.

The paper describes conceptual principles of connection of technical testing and monitoring systems with train movement control systems as regards the implementation of the barrier function, which is aimed at perfecting approaches to ensuring safety of transportation process. It is shown that railway automatics and telemechanics systems cannot ensure safety upon reaching limit states of railway infrastructure objects with which they do not

directly interact. It is proposed to carry out automatic connection of systems with the objective of transferring information regarding speed limits during the passage of a testing and monitoring object (through to full stop) to the train dispatcher and the engine driver, which would require perfecting the principles of building railway infrastructure objects technical testing and monitoring systems and modernisation of regulatory framework.

Keywords: railway automatics and telemechanics systems, technical testing and monitoring systems, railway infrastructure objects, unit under test's survivability index, connection of monitoring system and management system, train movement safety, monitoring systems' barrier functions

Contacts: TrES-4b@yandex.ru, osgerman@mail.ru, 7157000@bk.ru

Iurii P. Boronenko, Dr. Sc. Eng., professor, chair of the Wagons and Rolling Stock department, Emperor Alexander I St Petersburg State Transport University (PGUPS), director general of the Wagons research and innovation company (AO NVTs Vagony)

Boris O. Poliakov, PhD student, PGUPS, testing engineer, AO NVTs Vagony

Tat'iana M. Belgorodtseva, head of the Wagon Dynamics research laboratory, PGUPS

Determination of aerodynamic resistance of cargo trains with open-top wagons in digital simulations // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 3 (94). — P. 57–61.

In the process of development of a method for improved determination of aerodynamic resistance to movement of trains comprised of open-top wagons of various types, speed trajectories of air currents, values of pressure and force of aerodynamic resistance of the train, locomotive, loaded and empty open-top wagons were obtained in the ANSYS Workbench software suite (Fluent module). Comparative analysis of calculation and experimental data was conducted. Improved calculation of resistance to cargo train movement using digital simulation will permit for better forecasting of power and fuel consumption for train traction, as well as create new power-efficient designs.

Keywords: aerodynamics, cargo train, open-top wagons, digital simulation, resistance to movement

Contacts: Boron49@yandex.ru, tm-belg@yandex.ru

Oleg G. Krasnov, Cand. Sc. Eng., head of the track and special rolling stock section, Scientific Research and Design Technology Institute of Rolling Stock (AO VNIKTI)

Mikhail G. Akashev, lead engineer, AO VNIKTI

Natal'ia M. Nikonova, lead programmer, AO VNIKTI

The impact of the volume of undischarged acceleration on the intensity of rail wear // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 3 (94). — P. 62–66.

The paper presents results of simulation of lateral and side wear of rails depending of the curve radius and rail superelevation. Considering that rail wear depends on multiple factors, the term 'basic intensity of wear' is introduced, meaning the wear for a concrete category of rails from the impact of a cargo wagon at equilibrium velocity of movement. Nomograms of lateral and side wear of rails depending on the curve radius and rail superelevation are presented. Intensity levels of lateral and side wear of rails from undischarged acceleration are produced. It is shown that changes in the intensity of side wear of rails have polynomial dependency which monotonically increases with the growth of undischarged acceleration. Intensities of lateral wear of exterior and inner rails have mutually increasing and diminishing dependencies described by square polynomials. In case of increase in the values of undischarged acceleration, the wear of external rail increases whilst simultaneously inner rail wear decreases.

Keywords: rails, side and lateral wear, intensity, curve radius, equilibrium velocity, undischarged acceleration

Contact: info@vnikti.com



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