

ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЖУРНАЛ О НАУКЕ, ЭКОНОМИКЕ, ПРАКТИКЕ



Мировые тенденции
развития транспорта

**Анализ
терминологии
смешанных перевозок**

**Железнодорожный путь
оперативного развертывания**

Подписка

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

- по объединенному каталогу «Пресса России»,
подписной индекс 15094,
- по электронному каталогу «Почта России»,
подписной индекс П1719
- по телефону: **8 (495) 970-74-09,**
- по электронной почте: **info@rosacademtrans.ru**



Подписку также
можно оформить
в агентствах:

«Книга-Сервис»

Тел.: (495) 680-90-88

<http://akc.ru>

«Урал-Пресс»

Тел.: (495) 789-86-36

«Почта России»

Тел.: (495) 956-20-67

<http://russianpost.ru>

Содержание

**АКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

- V Бетанкуровский международный инженерный форум 3

ГОСУДАРСТВО И ТРАНСПОРТ

- И. Г. Малыгин, И. В. Гурлев.
Мировые тенденции развития транспорта. 4

ПРАВО

- П. К. Рыбин, В. В. Костенко, М. В. Четчуев, В. Г. Четчуева.
Анализ терминологии смешанных перевозок
в действующих нормативных документах 9

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- А. И. Долгий, А. Г. Сахаров, М. А. Дежков,
С. А. Макиевский, М. А. Чернин.
«Виртуальная сцепка» на Восточном полигоне:
достигнутые эффекты и направления развития 15
- В. Н. Мячин, Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий.
Мониторинг инженерных сооружений на Крымском
мосту 20

ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ

- А. В. Флегонтов.
Решение транспортной задачи с нечеткими
потребностями 25

БЕЗОПАСНОСТЬ

- И. Г. Матвеева, О. В. Ефимова, Ю. В. Комарова.
Культура безопасности как часть понятия «устойчивое
развитие» на транспорте 29

ИНФРАСТРУКТУРА

- А. А. Локтев, А. В. Сычева, В. П. Сычев.
Временный железнодорожный путь оперативного
развертывания на неподготовленном основании 32

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

- Э. Хамраева, Ю. П. Бороненко.
Оценка устойчивости скоростной тележки грузового
вагона и выбор жесткости поперечной связи
боковых рам 35
- В. Ф. Куликов.
Расчетная схема надежности тормозной системы
грузового вагона 38

ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА И ТЕХНИКА

- О. В. Дятлова.
Обзор методов крепления контейнеров и способов
контроля их технического состояния 42

ЭКОЛОГИЯ

- В. Н. Ложкин.
Организационно-методические механизмы
разработки, внедрения и поддержки функционирования
интеллектуально-цифровой системы контроля
экологической безопасности транспорта
крупного города 45

- Аннотации 49

- Abstracts 51

Транспорт Российской Федерации

*Журнал о науке, экономике,
практике*

УЧРЕДИТЕЛИ

Российская академия транспорта,
Петербургский государственный
университет путей сообщения

Главный редактор
Александр Мишарин

Заместитель главного редактора
Игорь Киселев

Шеф-редактор Андрей Гурьев
Арт-директор Сергей Тюрин
Корректор Светлана Зинченко
Переводчик Илья Потапов

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77- 34452 от 03.12.2008
выдано Федеральной службой
по надзору в сфере связи
и массовых коммуникаций.

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

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

Адрес редакции:
г. Москва, ул. Маши Порываевой, 34.

info@rosacademtrans.ru

www.rosacademtrans.ru

Тел.: 8 (495) 970-74-09.

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

Установочный тираж 7 000 экз.

Подписано в печать 18.12.2023.

Отпечатано:
типография издательства «Прометей».

11900. Москва, ул. Арбат, д. 51, стр. 1.

Тел.: +7 (495) 730-70-69.

E-mail: info@prometej.su.

Заказ №

Редакционный совет

Мишарин А. С. — президент Российской академии транспорта, главный редактор
журнала «Транспорт РФ»

Олерский В. А. — председатель редакционного совета журнала

Дружинин А. А. — руководитель Федерального агентства железнодорожного транспорта

Нерадько А. В. — руководитель Федерального агентства воздушного транспорта

Ефимов В. Б. — президент Союза транспортников России, вице-президент РАТ

Гапанович В. А. — президент НП «ОПЖТ», член РАТ

Валинский О. С. — ректор ПГУПС

Ефимова О. В. — главный ученый секретарь

Редакционная коллегия

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

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

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

Белый О. В. — д. т. н., председатель Объ-
единенного научного совета по междис-
циплинарным проблемам транспортных
систем СПбНЦ РАН

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

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

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

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

Гаранин М. А. — д. т. н., ректор СамГУПС,
председатель Самарского регионального
отделения РАТ

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

Дунаев О. Н. — д. э. н., председатель под-
комитета по транспорту и логистике коми-
тета РСПП по международному сотрудни-
честву, директор Центра стратегического
развития логистики

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

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

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

Киселев И. П. — д. и. н., почетный профес-
сор ПГУПС

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

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

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

Кравченко П. А. — д. т. н., научный руково-
дитель Института безопасности дорожного
движения СПбГАСУ

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

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

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

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

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

Потапов И. П. — исполнительный дирек-
тор РАТ

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

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

Соколов Ю. И. — д. э. н., директор Инсти-
тута экономики и финансов РУТ (МИИТ),
председатель Центрального отделения РАТ

Тимофеев О. Я. — д. т. н., декан факуль-
тета кораблестроения и океанотехники
СПбГМТУ

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

Трофименко Ю. В. — д. т. н., вице-прези-
дент РАТ, председатель Дорожно-транспорт-
ного отделения РАТ, заведующий кафедрой
«Техносферная безопасность» МАДИ

V Бетанкуровский международный инженерный форум

С 27 ноября по 8 декабря 2023 г. в Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I прошел V Бетанкуровский международный инженерный форум.

Мероприятие проводится в ПГУПС с 2018 г. в дни празднования очередной годовщины создания вуза 2 декабря в честь первого ректора Института Корпуса инженеров путей сообщения Августина Бетанкура — выдающегося инженера, строителя, ученого и государственного деятеля. Форум призван объединить всех, кто понимает значимость инженерного творчества и необходимость формирования всемирного единого инженерного образовательного пространства.

В этом году в центре внимания были вопросы, связанные с транспортным образованием, инновациями на транспорте и инженерным предпринимательством.

В рамках Форума прошли открытые лекции и круглые столы, Конференция международной ассоциации колледжей транспорта, совместное выездное заседание Общественных советов при Ространснадзоре и Росжелдоре с Российским профсоюзом железнодорожников

и транспортных строителей, VIII Студенческая конференция первокурсников ПГУПС, научно-техническая конференция «Мобильность будущего: проблемы, решения, инновации», международная научно-практическая конференция «Развитие экономической науки на транспорте: мобильность, доступность, интеграция транспорта в экономике независимости», Конференция по изобретательству и рационализаторству, подписание деловых соглашений, вручение наград и др.

Пленарное заседание форума «Инженерно-техническое образование как фактор повышения конкурентоспособности в условиях меняющегося мира» состоялось 1 декабря. В нем приняли участие ректор ПГУПС О. С. Валинский, первый заместитель генерального директора ОАО «РЖД» С. А. Павлов, заместитель генерального директора ОАО «РЖД» Е. И. Чаркин, председатель Комитета по транспорту Санкт-Петербурга В. К. Енокаев, председатель совета директоров



холдинга «Синара — транспортные машины», президент Российской академии транспорта А. С. Мишарин, директор СПб ГУП «Горэлектротранс» Д. Ю. Минкин и др.

Заметным мероприятием форума стал круглый стол «Состояние и развитие высокоскоростного железнодорожного транспорта в России», прошедший под руководством президента РАТ А. С. Мишарина с участием ведущих ученых и специалистов в области ВСМ. Материалы круглого стола будут опубликованы в журналах «Транспорт РФ» и «Транспорт БРИКС».

В работе Форума приняли участие руководители, преподаватели, сотрудники, аспиранты, студенты вузов, научных и производственных организаций, представители бизнеса.



Мировые тенденции развития транспорта



И. Г. Малыгин,
д-р техн. наук,
директор Института
проблем транспорта
им. Н. С. Соломенко
Российской академии наук
(ИПТ РАН),



И. В. Гурлев,
д-р техн. наук,
главный научный
сотрудник лаборатории
проблем организации
транспортных систем
ИПТ РАН

Основным направлением снижения зависимости от углеводородного топлива и улучшения экологии является поиск и использование как известных возобновляемых альтернативных источников энергии, так и новых, с применением биотехнологий. Во многих странах мира, в том числе в России, разрабатываются, тестируются и эксплуатируются транспортные средства с экологически более чистыми видами топлива.

Легковые электромобили

Одним из способов улучшения экологии является отказ или сокращение числа автомобилей на углеродном топливе. Прогнозируется, что такие автомашины будут встречаться все реже, особенно в городах. Многие европейские столицы и мегаполисы, например, Лондон, Мадрид, Копенгаген, Гамбург и другие берут на вооружение политику *car-free* (запрет въезда в определенные районы) и *smart city* (умный город), чтобы стать максимально «зелеными» и комфортными для проживания.

Кроме того, предполагается, что междугородные автомобильные трассы станут сверхскоростными. Так, в США Илон Маск собирается построить тоннель между Лос-Анжелесом и его пригородом Калвер-Сити, по которому автомобили смогут передвигаться без пробок со скоростью до 150 миль/ч (240 км/ч).

С 2035 г. в Европе, США и Китае намерены запретить продажу новых автомобилей, использующих ископаемое топливо, а к 2050 г. в странах Евросоюза не должно остаться машин,

использующих бензин, дизельное топливо или газ.

Правительства экономически развитых стран стали принимать решения о запрете автомобилей с двигателем внутреннего сгорания вскоре после того, как в мире появился первый действительно успешный производитель электромобилей — компания Tesla, которая не только создала такие транспортные средства, но и получает прибыль от их продажи.

Конструкторы фирмы Tesla первыми стали выпускать электромобили с батареями, обеспечивающими значительный запас хода, что сделало их популярными. Надо отметить, что такие аккумуляторы уже существовали. Их производство было налажено для мобильных телефонов [1].

Осенью 2023 г. в Германии на ходовые испытания вышла новая полностью электрическая модель Audi e-tron RS 6, которая станет одной из самых мощных в линейке немецкого производителя. Среди электромобилей Audi уже есть седан e-tron GT, созданный на базе Porsche Taycan. В топ-версии RS имеет суммарную отдачу силовой установки на уровне 475 кВт (646 л.с.). При этом мощность бензиновых двигателей Audi A6 — от 90 до 367 л.с.

Российские дизайнеры и представители ведущих профильных университетов представили свое видение автомобилей будущего к 2050 г. Автомобили станут исключительно электрическими. Их пропорции будут напоминать капсулу. Машина должна будет уметь без участия водителя самостоятельно передвигаться по дорогам общего пользования [2, 3].

Распоряжением правительства от 23 августа 2021 г. № 2290-р была принята «Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года», которая предусматривает, что за этот срок 10 %



Рис. 1. Зарядка аккумулятора электромобиля

Рейтинг первой десятки субъектов Федерации по количеству легковых электромобилей в 2022 г.

№ п/п	Субъект Российской Федерации	Количество, тыс. шт.
1	Москва	3,4
2	Приморский край	1,7
3	Иркутская область	1,64
4	Краснодарский край	1,37
5	Московская область	1,19
6	Санкт-Петербург	0,99
7	Хабаровский край	0,88
8	Новосибирская область	0,70
9	Красноярский край	0,48
10	Свердловская область	0,44

от всех выпускаемых в России машин будут электрическими. При этом согласно «Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации до 2035 года», принятой распоряжением правительства от 28 декабря 2022 г. № 4261-р, к 2030 г. доля электромобилей может суммарно составить 15 % от общего объема авторынка страны.

В настоящее время в России выпускаются легковые электромобили как минимум трех марок: «Москвич Зе», Evolute из китайских комплектующих и EVM PRO на базе коммерческих УАЗов. На рис. 1 показан электромобиль, стоящий на зарядке аккумулятора в Санкт-Петербурге.

На начало 2023 г. в нашей стране зарегистрировано 20,66 тыс. легковых электромобилей, причем 62 % из их приходится на десять субъектов Федерации (см. таблицу).

Предполагается, что в ближайшие годы парк электромобилей в России начнет расти более активно благодаря началу их сборки в нашей стране. Например, в 2024 г. российский парк электромобилей может увеличиться чуть ли не вдвое. К 2025 г. картина может измениться еще более существенно, так как в планах производителей на этот год намечен выпуск более 52 тыс. электромобилей.

Электробусы

Практикуются разные подходы к развитию общественного транспорта с использованием экологически чистых видов топлива. Очевидно, что в перспективе страны откажутся от ископаемых видов топливных источников и перейдут на возобновляемые ресурсы, которые могут оказаться для обычного человека непригодными в качестве топлива.

Например, в Лондоне на маршрут вышел автобус, работающий на биотопливе, изготовленном частично из кофейной гущи. Предполагается, что кофейные

отходы будут собирать у баров, кофеен, ресторанов по всему городу, а затем отправлять на переработку. Недостатка в сырье не предвидится, так как население столицы Великобритании ежегодно оставляет после себя более 200 тыс. т кофейных отходов. Новое биотопливо сокращает количество вредных выбросов на 10–15 %.

В Осло с июня 2019 г. эксплуатируются беспилотные электробусы пока на одном маршруте длиной около 1 км. Они вмещают 11 пассажиров и развивают скорость около 20 км/ч. Вызвать электробус можно при помощи специального мобильного приложения, время ожидания — не более 10 минут. К 2025 г. в Норвегии планируют полностью запретить автомашины с двигателями внутреннего сгорания.

Любопытно, что в ряде стран городские автобусы будущего, возможно, станут «зелеными» не только из-за использования соответствующего топлива, но и буквально: на крышах общественного транспорта будут располагаться живые растения.

Первые такие автобусы появились в Испании в Жироне, затем в Барселоне и Мадриде в 2013 г. Проект направлен на улучшение экологической обстановки в городе, поглощение растениями углекислого газа и выделение ими кислорода в атмосферу. Сад на крыше транспортного средства построен со специальной системой орошения и устроен таким образом, чтобы растения могли выдерживать движение, остановки и вибрацию (рис. 2) [4].

В Москве в октябре 2023 г. на 100 маршрутах общественного транспорта работали более 1250 электробусов, которые производятся на заводах ГАЗ и КамАЗ. Также в столице России в 2021 г. КамАЗ открыл сборочное производство электробусов на Сокольническом вагоноремонтно-строительном заводе.

В Санкт-Петербурге 19 октября 2023 г. началось строительство автобусного парка, где будут размещаться исключительно электробусы. Планируется, что первые 100 машин выйдут отсюда на маршруты уже в 2024 г. Их цвет, по единодушному мнению горожан, будет зеленым. Электробус для Санкт-Петербурга представлен на рис. 3.

Воздушное такси

Пассажирам, которых не будет устраивать наземный общественный транспорт, в ближайшем будущем станет доступно воздушное такси. Американская международная компания Uber совместно с NASA в 2020 г. запустила в тестовом режиме летающие такси в штате Техас.

Воздушное такси представляет собой небольшую кабину с электрическими двигателями вертикального взлета для перевозки пассажиров и грузов. Предусматривается, что их эксплуатация в коммерческих целях должна начаться в 2023 г. Компания планирует сделать двигатели тихими, чтобы использовать их в черте города (рис. 4).

В 2022 г. в Дубае для авиатранспортировки пассажиров в тестовом режиме уже запустили китайские пассажирские дроны Ehang 184. Впервые такой аппарат был представлен в 2016 г. на выставке



Рис. 2. Растения на крыше автобуса в Испании



Рис. 3. Электробус для Санкт-Петербурга



Рис. 4. Воздушное такси компании Uber в Техасе (США)

CES 2016 в Лас-Вегасе. Это одноместный восьмоторный квадрокоптер, лишенный каких-либо органов управления, в котором человек летит в качестве груза.

В небольшой яйцевидной кабине располагается кресло и планшет с сенсорным экраном, используя который, пассажир может указать пункт назначения. Дрон самостоятельно доставит пассажира к указанному месту. Автоматические системы произведут взлет, полет и мягкую посадку.

Такой беспилотник может перевозить одного пассажира весом не более 100 кг с максимальной скоростью до 160 км/ч на расстояние до 50 км. Пока дрон способен находиться в воздухе не более 35–40 минут (рис. 5) [5].

Железнодорожный транспорт

Проектируемые и строящиеся современные поезда имеют тенденцию к увеличению скорости движения, составляя существенную конкуренцию самолетам. В Китае в июле 2023 г. между Пекином и Шанхаем протестировали высокоскоростной железнодорожный электропоезд CR450. На испытаниях он разогнался до 453 км/ч. После введения данного поезда в эксплуатацию пассажиры будут добираться из Пекина в Шанхай (1067 км) за 2,5 часа, что в два раза быстрее нынешних показателей.

Еще более революционный проект в деле развития скоростных поездов предлагал Илон Маск в 2013 г. с концепцией Hyperloop — системой поездов с электродвигателем, которые проносятся по трубопроводам с низким давлением на воздушной или магнитной подушке.

Предполагалось, что вакуумный поезд будет почти в два раза быстрее само-

лета и в три раза — высокоскоростного поезда, достигая скорости 1200 км/ч. Однако при проведении испытаний в штате Невада (США) в июле 2017 г. специальная капсула разогналась в трубопроводе только до 310 км/ч, хотя изначально планировалось достичь 402 км/ч. В настоящее время новых данных о реализации этого проекта нет.

Между тем в Китае с 2004 г. эксплуатируется поезд, созданный по технологии магнитной левитации (маглев), соединяющий Шанхай с аэропортом, расстояние между которыми 30,5 км. Поезда проходят его за 7 минут, развивая скорость до 431 км/ч. Общий бюджет этого проекта составил около \$1,2 млрд, т. е. \$39,3 млн за 1 км пути (включая стоимость двух станций). При этом типовая цена скоростных железнодорожных путей в Китае оценивается в \$17–21 млн/км.



Рис. 5. Пассажирский беспилотник Ehang 184

В 2021 г. в Китае продемонстрировали поезд технологии маглев, который будет эксплуатироваться на трассе Пекин — Шанхай и развивать скорость до 600 км/ч. Новый экспресс планируется ввести в эксплуатацию в 2026–2031 гг. В Японии предполагается запустить аналогичный поезд своего производства на линии Токио — Нагоя в 2027 г., где он будет разгоняться до 500 км/ч. Вместе с тем из-за высокой стоимости технологии маглев ее не стали применять в Великобритании и Германии, хотя эти страны были пионерами в данной области.

В России с августа 2021 г. активные работы по технологии маглев проводятся в АО «Корпорация „Московский институт теплотехники“» (МИТ). По результатам испытаний рассматривается возможность изготовления серийной монорельсовой транспортной системы. В соответствии с договоренностью между ООО «Национальные скоростные дороги», губернатором Ленинградской области А. Ю. Дрозденко и генеральным конструктором АО «Корпорация МИТ» Ю. С. Соломоновым строительство пассажирской транспортной эстакадной линии длиной 7 км по технологии маглев должно осуществляться с 2023 по 2025 г. в Ленинградской области на участке от ТЦ «Мега Парнас» до станции метро «Девяткино». По данным на конец ноября 2023 г., строительные работы еще не начались.

Следует отметить, что в Европе одни производители поездов больше концентрируются на комфорте, другие — на новых технологиях. Например, Германия разрабатывает свой комфортабельный поезд будущего, в котором будут спор-

тивные тренажеры, плазменные телевизоры и переговорные отсеки со звукоизоляцией и планшетами. В Шотландии с 2017 г. курсирует поезд с вагоном со СПА-процедурами.

Одно из наиболее перспективных направлений развития железнодорожного транспорта сегодня — локомотивы на водородных топливных элементах [6]. «Использование водорода предлагает решение для декарбонизации промышленных процессов и секторов экономики, где сокращение выбросов CO₂ одновременно срочно, необходимо и сложно в реализации. Все это делает водород необходимым для поддержки обязательства Европейского союза (ЕС) достичь углеродной нейтральности к 2050 г. и для глобальных усилий выполнить условия Парижского соглашения на пути к нулевым выбросам», — говорится в преамбуле Водородной стратегии ЕС [7, 8].

Примером первого в мире действующего пассажирского электропоезда на водородных топливных элементах является Coradia iLint от компании Alstom (Франция), который начал курсировать на севере Германии в сентябре 2018 г. (рис. 6). Он был специально разработан для использования на неэлектрифицированных линиях, чтобы обеспечить экологичную работу поездов.

Бак с водородом располагается на крыше и обеспечивает работу топливного элемента, который производит электроэнергию. Такой состав может непрерывно следовать без заправки 1000 км и развивать скорость до 140 км/ч. Для дополнительной энергии поезд оснащен литий-ионными аккумуляторами.

Высокий интерес к технологии подвижного состава на топливных элементах воздушно-водородного цикла связан с рядом факторов, в частности, отсутствием прямых выбросов парниковых газов при движении подвижного состава и прогнозируемой (в перспективе массового промышленного производства) низкой стоимости водорода [9].

Китайские компании CRRC и Chengdu Rail Transit разработали свой поезд на водороде с запасом хода 600 км и максимальной скоростью 160 км/ч (рис. 7). Он обладает автопилотом, поддерживает пятое поколение беспроводной сотовой технологии 5G, имеет автоматические запуск и остановку, а также функцию возврата в депо. Новый поезд из четырех вагонов эксплуатируется с начала 2023 г. и способен перевозить одновременно до 1500 пассажиров.

В России опытный образец энергетической установки на водородных топливных элементах был представлен в 2013 г. на IV Международном железнодорожном салоне техники и технологий «ЭКСПО-1520» Научно-исследовательским институтом железнодорожного транспорта (АО «ВНИИЖТ»). Возможность и целесообразность использования водорода в качестве источника энергии для локомотивов были подтверждены натурными испытаниями.

Полигоном пилотного внедрения поездов на водородных топливных элементах в нашей стране выбрана Сахалинская область [6]. Однако запуск такого подвижного состава перенесен с 2024 г. на конец 2025 г. Руководство ОАО «РЖД» объясняет это санкционной политикой Запада, инновационностью проекта, его сложностью и наукоемкостью [10].

В Европе прогнозируется, что поезда будущего будут ездить за счет энергии возобновляемых источников. В Нидерландах, например, уже сейчас поезда на 100% используют электроэнергию, произведенную ветром. Всего часа работы одной ветроустановки хватает для поездки на поезде на расстояние 192 км.

В России ведется строительство высокоскоростной железнодорожной магистрали (ВСМ) Москва — Санкт-Петербург, ОАО «РЖД» активно участвует в создании московской линии Третий Московский центральный диаметр (МЦД-3), что по сути является частью реализации ВСМ. МЦД-3 представляет собой соединение двух железнодорожных направлений: Ленинградского и Казанского.

Одновременно ОАО «РЖД» разрабатывает новую модель скоростного электропоезда для ВСМ в сотрудничестве с российским многоотраслевым холдингом — Группой «Синара» (Екатеринбург).

Высокоскоростная магистраль позволит сократить время в пути между столицами с 4 часов 15 минут до 2 часов 15 минут, т. е. почти в два раза по сравнению с поездкой на «Сапсане». Строительство данной магистрали планируется полностью завершить и начать движение в 2028 г. Стоимость строительства оценивается в 1,7 трлн рублей [11, 12]. ВСМ Москва — Петербург, безусловно, станет реальным конкурентом авиарейсам на этом маршруте.

Самолеты и ракеты

Воздушный транспорт — самый привычный современным путешественникам, хотя в настоящее время не самый экологичный из-за слишком больших



Рис. 6. Электропоезд на водородных топливных элементах Coradia iLint (Alstom, Франция)



Рис. 7. Поезд на водородном двигателе производства компаний CRRC и Chengdu Rail Transit (Китай)

выбросов CO₂. В этой сфере также ведутся поиски новых экологичных видов топлива.

9 марта 2015 г. самолет на солнечных батареях Solar Impulse вылетел из Абу-Даби (ОАЭ) и начал кругосветный полет. Он проходил с перерывами в несколько этапов и завершился перелетом через Атлантический океан из Калифорнии в Абу-Даби 26 июля 2016 г. Солнечные батареи вырабатывали электроэнергию, которая использовалась для питания 4 электродвигателей и зарядки аккумуляторов (рис. 8).

Самолет авиакомпании Qantas (Австралия), заправленный 24 тоннами биотоплива, произведенного из специального сорта горчицы Brassica Carinata, в феврале 2018 г. выполнил первый полет между США и Австралией. По данным Qantas, это позволило на треть уменьшить выбросы углекислого газа по сравнению с использованием обычного авиационного керосина [13].

Конструкторы самолетов, на которых продолжают использовать углеводородное топливо, в свою очередь пытаются привлечь пассажиров скоростью своих лайнеров. В Северной Каролине будут выпускать сверхзвуковые самолеты, на которых полет от Нью-Йорка до Лондона займет 3,5 часа. Компания Boom Supersonic планирует в 2026 г. выпуск сверхзвукового самолета под названием Overture, который с 2029 г. сможет регулярно перевозить от 65 до 80 человек со скоростью 1,7 М (более 2 тыс. км/ч),



Рис. 8. Самолет на солнечных батареях Solar Impulse



Рис. 9. Сверхзвуковой самолет Overture

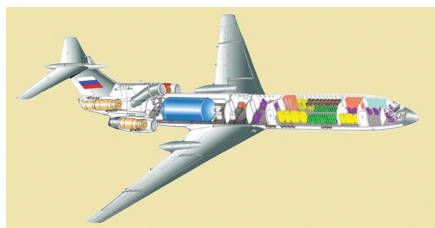


Рис. 10. Самолет Ту-155 с силовой установкой на сжиженном водородном топливе

т. е. вдвое превышая скорость современных пассажирских самолетов (рис. 9).

В будущем изменится и само производство летательных аппаратов. Уже существует первый в мире самолет Airbus (Франция), частично напечатанный на 3-D принтере. Его тестовый полет состоялся в ноябре 2022 г. и был очень удачным. Ранее компании Airbus и Boeing (США) уже изготавливали с помощью 3D-принтера отдельные запчасти для пассажирских самолетов A350 и B787 Dreamliner.

В России производитель энергооборудования «Ротек» спроектировал и в 2021 г. испытал самолет на солнечной энергии для кругосветного беспосадочного перелета Федора Конюхова. Также в ПАО «Туполев» ведутся исследования по дальнемагистральным гиперзвуковым самолетам со скоростями ≥ 5 М на жидком водороде [14, 15]. Ту-155 с силовой установкой на водородном сжиженном

топливе совершил первый полет еще в 1988 г. (рис. 10).

В настоящее время Илон Маск высказал идею транспортной системы с использованием пассажирских космических ракет. Перемещаться на них можно будет между отдаленными пунктами назначения на Земле. При этом время полета между двумя любыми точками составит не более часа, а стоимость перелета для пассажира предположительно будет стоить как обычный авиабилет эконом-класса.

Заключение

Итак, основными направлениями перспективного поиска и реализации в мире новых решений в области пассажирского транспорта являются:

- создание транспорта, работающего на топливе, наносящем минимальный вред экологии;
- использование в качестве топлива электроэнергии, биотоплива, возобновляемой энергии ветра и солнца;
- создание экономичного и комфортабельного беспилотного транспорта;
- производство транспорта, имеющего наибольшие скорости движения. ■

Источники

1. Через 30 лет развитые страны перейдут на электромобили. Что ждет Россию. URL: <https://www.autonews.ru/news/64c380629a7947af11c35a6b> (дата обращения 09.10.2023).
2. Журавлева А. Электромобили в России: дань моде и природе или жизненная необходимость? // Энергетическая политика. 2022. № 2 (168). С. 72–85.
3. Рожков Е.В. От пользования электромобилем до проживания в «умном городе» один шаг // Информационные технологии в управлении и экономике. 2023. № 2. С. 50–56.

4. Каким будет транспорт будущего? URL: <https://34travel.me/post/futuretransport> (дата обращения 07.10.2023).
5. Электрическое летающее такси протестировали в Дубае. URL: <https://hightech.fm/2022/10/11/xpeng-evtol-dubai> (дата обращения 14.10.2023).
6. Малыгин И. Г., Королева Л.А. Использование метода анализа иерархий для экологической оценки локомотивной тяги на водородных топливных элементах // Транспорт: наука, техника, управление. 2023. № 7. С. 18–27.
7. Водородная «бомба» для РЖД. От Илона Маска до взрывов АЗС: перспективы перевода ЖД-тяги на водородное топливо // Вгудок: [Интернет-портал]. 2021. URL: <https://newlib.rgups.ru> (дата обращения 28.02.2023).
8. Белов В.Б. Европейский альянс чистого водорода // Научно-аналитический вестник Института Европы РАН. 2020. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/evropeyskiy-alyans-chistogo-vodoroda> (дата обращения 14.03.2023).
9. Липидус Б.М. Повышение энергоэффективности и перспективы использования водородных топливных элементов на железнодорожном транспорте // Вестник ВНИИЖТ. 2019. Т. 78, № 5. С. 274–283.
10. Запуск первых в России водородных поездов перенесли на 2025 год. URL: <https://www.rbc.ru/business> (дата обращения 05.01.2023).
11. Минтранс назвал срок запуска новой магистрали из Москвы в Петербург. URL: <https://www.rbc.ru/society/24/08/2023/64e7288d9a79478e71539789> (дата обращения 12.10.2023).
12. Мишарин А.С. Высокоскоростной железнодорожный транспорт как ключевой фактор развития транспортной системы России // Транспорт РФ. 2015. № 2 (57). С. 7–10.
13. Рыбкин С.А., Попова С.А. Перспективы использования биотоплива в гражданской авиации // Научный вестник МГТУ ГА. 2015. № 214 (4). С. 114–118.
14. Бойкова М. В., Гаврилов С.Д., Гавриличева Н.А. Авиация будущего // Форсайт. 2009. Т. 1, № 3. С. 4–15.
15. Москатов Г.К. Безопасный полет в XXI век на гиперзвуковом межконтинентальном лайнере — предвидимое будущее // Науч. вестн. оборонно-промышленного комплекса России. 2016. № 3. С. 69–76.

Анализ терминологии смешанных перевозок в действующих нормативных документах



П. К. Рыбин,
канд. техн. наук, первый
проректор — проректор
по учебной работе,
профессор кафедры
«Железнодорожные
станции и узлы»
Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),



В. В. Костенко,
канд. техн. наук,
доцент кафедры
«Железнодорожные
станции и узлы» ПГУПС,



М. В. Четчуев,
канд. техн. наук,
руководитель научно-
образовательного центра
«Мультимодальные
транспортные системы»,
доцент кафедры
«Железнодорожные
станции и узлы» ПГУПС,



В. Г. Четчуева,
инженер путей сообщения,
бакалавр юриспруденции

Смешанные перевозки как способ транспортировки появились, когда возникла необходимость перемещения грузов между континентами (не позже IV–V в. до н. э.). В настоящее время они являются ключевым элементом цепей поставок. Однако терминология в данной сфере нуждается в дальнейшей актуализации и унификации.

«Смешанная перевозка» в научной и технической литературе чаще всего трактуется как перевозка грузов или пассажиров, организованная с участием двух и более видов транспорта [1, 2].

Исходя из набора признаков (наличия оператора смешанной перевозки, использования единого перевозочного документа, организация перевозок в укрупненных грузовых единицах и др.), смешанные перевозки принято подразделять на мультимодальные, интермодальные, комбинированные, трансмодальные, синхромодальные и др.

Несмотря на практически сформированную и применяемую в научной литературе соответствующую терминологию, согласованных и утвержденных понятий и определений в части смешанных перевозок нет. Проблему отсутствия единого толкования терминов в рассматриваемой области неоднократно поднимали авторы [3–6], но она до сих пор не решена. Отсутствие единых терминов в сфере смешанных перевозок уже приводит к взаимному непониманию причастных к их реализации специалистов.

Ситуация осложняется тем, что единства терминологии смешанных перевозок нет не только у производителей и ученых, но и в нормативно-правовых документах.

В рамках исследования, выполненного на кафедре «Железнодорожные станции и узлы» ПГУПС, были проанализированы действующие нормы [7–15] на предмет сходств и различий в характерных признаках трех наиболее распространенных терминов: «прямые смешанные перевозки», «мультимодальные перевозки» и «интермодальные перевозки».

Указанные термины сравнивали по следующим признакам:

- структура комплекта документов (наличие единого перевозочного документа);
- наличие оператора смешанной перевозки (распределение ответственности за перевозку);
- применение термина в грузовых и пассажирских перевозках;
- применение определения только к международным смешанным перевозкам;
- организация перевозки груза в укрупненных грузовых единицах (передача груза с одного вида транспорта на другой производится непосредственно в указанных укрупненных грузовых единицах);
- степень участия задействованных видов транспорта в смешанной перевозке.

Прямая смешанная перевозка

В действующих нормативно-правовых документах встречаются термины «прямая смешанная перевозка» и «прямое смешанное сообщение». По содержанию указанные понятия означают одно и то же. Появление термина «прямое смешанное сообщение» в современной правовой базе объясняется его переносом из ранее действовавших документов СССР.

Упоминание прямой смешанной перевозки встречается в пяти рассмотренных нормативно-правовых документах:

- Гражданский кодекс Российской Федерации (ч. 2) (ГК РФ) [7];
- Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации (УЖТ РФ) [8];
- Модельный закон о транспортной деятельности (МЗ ТД) [9];
- ГОСТ 33942-2016. Услуги на железнодорожном транспорте. Обслуживание пассажиров. Термины и определения (ГОСТ 33942-2016) [10];
- Соглашение о Международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС) [11].

Таблица 1. Сравнение признаков определения «прямая смешанная перевозка» в нормативно-правовых документах

Характерный признак перевозки	ГК РФ	УЖТ РФ	МЗ ТД	ГОСТ 33942-2016	СМГС
Наличие единого перевозочного документа (комплекта документов)	+	+	+	+	+
Термин применим к грузовым перевозкам	+	+	+	не отражено	+
Термин применим к пассажирским перевозкам	+	–	+	+	–
Основной объем перевозки приходится на один вид транспорта	–	–	+	–	–
Перевозку организует оператор смешанной перевозки, который несет ответственность за каждый ее этап	–	–	+	–	–
Определение распространяется только на международные смешанные перевозки	–	–	–	–	–
Перевозка и передача груза с одного вида транспорта на другой производится в укрупненных грузовых единицах	–	–	–	–	–

В ст. 788 ГК РФ отмечено: «Взаимоотношения транспортных организаций при перевозке грузов, пассажиров и багажа разными видами транспорта по единому транспортному документу (прямое смешанное сообщение), а также порядок организации этих перевозок определяются соглашениями» [7]. Приведенный текст позволяет заключить, что к определению «прямая смешанная перевозка» может быть применено только три признака смешанной перевозки, а именно:

- наличие единого перевозочного документа (комплекта документов);
- термин применяется к грузовым перевозкам;
- термин применяется к пассажирским перевозкам.

В УЖТ РФ отсылка к термину «прямое смешанное сообщение» появляется в нескольких статьях главы V. Особое внимание следует уделить второму абзацу ст. 65: «перевозки грузов в прямом смешанном сообщении осуществляются на основании единого транспортного документа (транспортной накладной), оформленного на весь маршрут следования грузов» [8].

На основании текста ст. 65 можно заключить, что в части наличия единого перевозочного документа (комплекта документов) позиции УЖТ РФ и ГК РФ совпадают. Дальнейший анализ УЖТ РФ показывает, что применимость термина «прямая смешанная перевозка» рассматривается в нем только относительно перевозки грузов (лишь технологический аспект). Таким образом, между двумя рассмотренными федеральными законами уже имеются разночтения.

Более широкий подход к пониманию прямой смешанной перевозки отражен в МЗ ТД. В ст. 3 приводится следующая формулировка: «Прямое смешанное сообщение — разновидность мультимодальной перевозки грузов, пассажиров и багажа по единому перевозочному до-

кументу, когда большая часть перевозки осуществляется одним (основным) видом транспорта» [9]. Из представленного определения можно заключить, что, согласно МЗ ТД, прямая смешанная перевозка обладает следующими признаками:

- наличие единого перевозочного документа (комплекта документов);
- термин применяется к грузовым перевозкам;
- термин применяется к пассажирским перевозкам;
- основной объем перевозки приходится на один вид транспорта.

Также в рассмотренном определении указано, что прямое смешанное сообщение — это разновидность мультимодальной перевозки. В той же ст. 3 МЗ ТД приводится характеристика и мультимодальной перевозки, под которой понимается «перевозка грузов, когда лицо, ее организующее, несет ответственность за груз на всем пути следования, независимо от количества принимающих участие видов транспорта при оформлении единого перевозочного документа» [9]. Изложенное определение вносит в понятие «прямое смешанное сообщение» еще один признак — ответственность за перевозку несет одно лицо (оператор смешанной перевозки).

Следующим нормативным документом, в котором используется интересующий нас термин, является ГОСТ 33942-2016. В области применения этого государственного стандарта указано, что сфера его действия относится непосредственно к пассажирским перевозкам. Таким образом, рассматривать применимость терминов данного стандарта к грузовым перевозкам некорректно.

Что же касается пассажирских перевозок, то применительно к термину «прямая смешанная перевозка» следует обратить внимание на п. 2.9 ГОСТа: «Пассажирские перевозки в прямом смешанном сообщении: транспортные

услуги по перемещению пассажира, его ручной клади и багажа в пределах территории отдельного государства несколькими видами транспорта с участием железнодорожного транспорта по единому проездному (перевозочному) документу, оформленному на весь маршрут следования» [10]. Используемое ГОСТ 33942-2016 определение наделяет понятие «прямая смешанная перевозка» двумя признаками:

- наличие единого перевозочного документа (комплекта документов);
- термин применим к пассажирским перевозкам.

Особое значение среди рассмотренных нормативно-правовых документов занимает СМГС. В нем понятия «прямая смешанная перевозка» и «прямое смешанное сообщение» не приводятся. Однако в ст. 2 используются термины «перевозка груза в прямом международном железнодорожном сообщении» и «перевозка груза в прямом международном железнодорожно-паромном сообщении». Два указанных термина, особенно второй, можно считать частными случаями смешанной перевозки. Примечательно, что перевозка в обоих случаях обозначена как «международная». Наличие этой характеристики дает основание полагать, что без нее термин «прямое смешанное сообщение» может применяться для обозначения исключительно перевозок внутри одного государства.

Что же касается установления признаков перевозки, то для их определения можно рассмотреть понятие «перевозка груза в прямом международном железнодорожном сообщении». Под ним подразумевается «перевозка железнодорожным транспортом по территории двух или более государств груза по единому документу (накладной), оформленному на весь маршрут следования» [11]. Это определение позволяет заключить, что СМГС для прямой смешанной перевоз-

ки определен общий для всех рассматриваемых документов признак — наличие единого перевозочного документа (комплекта документов). Общий анализ СМГС показал, что данный документ ориентирован на грузовые перевозки.

В табл. 1 сведены признаки прямой смешанной перевозки, установленные в результате изучения пяти упомянутых нормативно-правовых документов.

Из данных в табл. 1 видно, что единственным признаком «прямой смешанной перевозки», имеющимся во всех рассмотренных нормативно-правовых документах, является наличие единого перевозочного документа (комплекта документов). Кроме этого, исходя из современной специфики смешанных перевозок, применение рассматриваемого определения для перевозок как грузов, так и пассажиров следует считать вполне правомерным.

Целесообразность включения других критериев в состав определения «прямая смешанная перевозка» вызывает вопросы и требует отдельного исследования.

Мультимодальная перевозка

Термин «мультимодальная перевозка» имеет зарубежное происхождение, в связи с чем логично начинать поиск его признаков в международных нормативно-правовых документах, а именно в Конвенции Организации

Объединенных Наций о международных смешанных перевозках грузов [12]. Этот документ необходимо рассмотреть, поскольку в иностранных языках термин «мультимодальная перевозка» имеет значение *multimodal transport*. Название Конвенции ООН на английском языке — *United Nations Conference on a Convention on International Multimodal Transport*. Из официального перевода документа видно, что термин «мультимодальная перевозка» в нем заменен на «смешанная перевозка». Однако использованное в данном случае понятие «смешанная перевозка» несколько меняет принятое в России понимание этого термина [1, 2]. В Конвенции ООН смешанной перевозке приписаны отдельные признаки, наличие:

- оператора смешанной перевозки, который несет всю ответственность за перевозку груза;
- договора смешанной перевозки.

С учетом этого, чтобы избежать путаницы, между традиционным восприятием «смешанной перевозки» и этим же понятием, но с набором дополнительных характеристик, вполне уместно введение нового термина — «мультимодальная перевозка».

В части исследования признаков термина «мультимодальная перевозка» был выполнен анализ четырех российских нормативно-правовых документов:

- МЗ ТД;
- ГОСТ 33942-2016;
- ГОСТ Р 57118-2016. Перевозки интермодальные. Термины и определения (ГОСТ Р 57118-2016) [13];
- СП 316.1325800.2017. Терминалы контейнерные. Правила проектирования (СП 316.1325800.2017) [14].

Текст определения «мультимодальная перевозка» в соответствии со ст. 3 МЗ ТД приводился ранее. Из него можно заключить, что в нем, как и в Конвенции ООН, установлены те же признаки термина:

- наличие единого перевозочного документа (комплекта документов);
- ответственность за перевозку несет одно лицо (оператор смешанной перевозки).

Более детальный анализ содержания МЗ ТД и Конвенции ООН позволяет выявить и различия в характеристиках мультимодальной перевозки. Дело в том, что МЗ ТД рассматривает возможность организации как пассажирских, так и грузовых мультимодальных перевозок, а Конвенция ООН устанавливает только грузовые мультимодальные перевозки.

Существенный диссонанс в набор характеристик мультимодальной перевозки вносит ГОСТ 33942-2016. В п. 2.13 указано: «Мультимодальные перевозки в пассажирском сообщении: транспортные услуги по перемещению пассажира, его ручной клади и багажа по выбранному маршруту транспортными средствами одного или нескольких перевозчиков, осуществляющих свою деятельность на одном или нескольких видах транспорта, на основе логистических принципов» [10]. Как видно из этого определения, ГОСТ 33942-2016 не накладывает никаких специфических признаков на мультимодальную перевозку, делая, по сути, этот термин синонимом понятия «смешанная перевозка».

В другом государственном стандарте — (ГОСТ Р 57118-2016) — указано, что термин распространяет свое действие непосредственно на грузовые перевозки. Исходя из этого, рассматривать его применительно к пассажирским перевозкам не имеет смысла. Что же касается непосредственно исследуемого определения, то в п. 3.1.2 ГОСТ Р 57118-2016 изложено: «Мультимодальная перевозка: перевозка грузов двумя и более видами транспорта на основании договора мультимодальной перевозки из места в одной стране, где грузы поступают в ведение оператора мультимодальной перевозки, до обусловленного места доставки в другой стране»



Таблица 2. Сравнение признаков определения «мультимодальная перевозка» в нормативно-правовых документах

Характерный признак перевозки	Конвенция ООН	МЗ ТД	ГОСТ 33942-2016	ГОСТ Р 57118-2016	СП 316.1325800
Наличие единого перевозочного документа (комплекта документов)	+	+	–	–	–
Термин применим к грузовым перевозкам	+	+	не отражено	+	+
Термин применим к пассажирским перевозкам	–	+	+	не отражено	не отражено
Основной объем перевозки приходится на один вид транспорта	–	–	–	–	–
Перевозку организует оператор смешанной перевозки, который несет ответственность за каждый ее этап	+	+	–	–	+
Определение распространяется только на международные смешанные перевозки	–	–	–	+	–
Перевозка и передача груза с одного вида транспорта на другой производится в укрупненных грузовых единицах	–	–	не отражено	–	–

[13]. Анализ приведенного фрагмента позволяет заключить, что в данном случае основным признаком мультимодальной перевозки становится организация транспортировки груза минимум между двумя странами. Правильность такого подхода вызывает сомнение, особенно с учетом того, что использованное в ГОСТ Р 57118-2016 определение практически полностью повторяет термин «международная смешанная перевозка» части I ст. 1 Конвенции ООН. Но в отличие от нее, в ГОСТ Р 57118-2016 слово «международная» в состав определения не включено.

Еще одним документом, ориентированным исключительно на грузовые перевозки, является СП 316.1325800.2017. В п. 3.35 этого свода правил дано такое определение: «Мультимодальная перевозка: транспортирование грузов по одному договору, но выполненное по меньшей мере двумя видами транспорта; перевозчик несет ответственность за всю перевозку, даже если транспортирование выполняется различными видами транспорта (например, железной дорогой, морем, автодорогой и т. д.)» [14].

Представленное определение, как и в Конвенции ООН, а также в МЗ ТД, в составе признаков мультимодальной перевозки учитывает ответственность одного лица, однако этим лицом в определении СП 316.1325800.2017 стал перевозчик, а не оператор смешанной перевозки.

В табл. 2 сведены признаки термина «мультимодальная перевозка», указанные в пяти рассмотренных документах.

Из данных, приведенных в табл. 2, видно, что единственным признаком, учтенным почти во всех приведенных документах, является применимость термина к грузовым перевозкам. Ограниче-

ний для использования этого термина в пассажирских перевозках, исходя из современных реалий, также нет.

В большинстве рассмотренных в табл. 2 документов ключевым признаком термина «мультимодальная перевозка» является наличие оператора смешанной перевозки, который несет ответственность за ее организацию.

Интермодальная перевозка

Для анализа определения «интермодальная перевозка» были выбраны следующие шесть нормативно-правовых документов:

- МЗ ТД;
- ГОСТ 33942-2016;
- СМГС;
- ГОСТ Р 57118-2016;
- ГОСТ 34530-2019. Транспорт железнодорожный. Основные понятия. Термины и определения (ГОСТ 34530-2019) [15];
- СП 316.1325800.2017.

Согласно ст. 3 МЗ ТД, интермодальной перевозкой называется «последовательная перевозка груза в одной и той же грузовой единице (крупнотоннажном контейнере, съемном кузове, полуприцепе и т. п.) с перевалкой его в пути следования с одного вида транспорта на другой без перегрузки самого груза» [9]. Из представленного текста можно установить, что МЗ ТД характеризует интермодальную перевозку всего по двум критериям:

- определение применяется к грузовым перевозкам;
- перевозка и передача груза с одного вида транспорта на другой производится в укрупненных грузовых единицах.

Ориентированный на пассажирские перевозки ГОСТ 33942-2016 в п. 2.12 содержит следующее определение: «Интер-

модальные перевозки в пассажирском сообщении: транспортные услуги по перемещению пассажира, его ручной клади и багажа по выбранному маршруту транспортными средствами одного или нескольких перевозчиков, осуществляющих свою деятельность на одном или нескольких видах транспорта, на основе логистических принципов по единому проездному документу (билету) при ответственности одного перевозчика перед пассажиром за выполнение перевозки» [10]. Определение показывает, что в данном случае для интермодальной перевозки наиболее характерными признаками будут:

- наличие единого перевозочного документа (комплекта документов);
- применимость к пассажирским перевозкам;
- ответственность за перевозку несет одно лицо (оператор смешанной перевозки).

Полученный результат вызывает ряд проблем, связанных со следующими аспектами.

1. Характеристики интермодальной перевозки МЗ ТД не имеют ни одной общей позиции с характеристиками этого же термина в ГОСТ 33942-2016.

2. Признак «наличие единого перевозочного документа (комплекта документов)», установленный в качестве основного для интермодальной перевозки, по результатам изложенного анализа нормативно-правовых документов относится к термину «прямые смешанные перевозки».

3. Признак «ответственность за перевозку несет одно лицо (оператор смешанной перевозки)» в большинстве случаев относится к термину «мультимодальная перевозка».

В СМГС термина «интермодальная перевозка» вообще нет. Однако в нем

имеется понятие «интермодальная транспортная единица», под которой подразумевается «контейнер, съемный автомобильный кузов, полуприцеп, предназначенные для перевозки грузов» [11]. Наличие этого определения полностью логически увязано с определениями из МЗ ТД и, соответственно, с установленными ими признаками интермодальной перевозки.

В ГОСТ Р 57118–2016 (п. 3.1.1) содержится следующее определение: «Интермодальная перевозка: транспортно-технологическая система организации перевозок с использованием нескольких видов транспорта, при которой за перевозку интермодальной грузовой единицы несет ответственность одно лицо (экспедитор), по единому комплекту документов и ставке тарифа, согласованной с перевозчиками, с освобождением грузоотправителя от участия в перевозочном процессе» [13]. Данное определение наделяет интермодальную перевозку следующим признаками:

- наличие единого перевозочного документа (комплекта документов);
- ответственность за перевозку несет одно лицо (оператор смешанной перевозки);
- определение применяется к грузовым перевозкам;
- перевозка и передача груза с одного вида транспорта на другой производится в укрупненных грузовых единицах.

Согласно п. 2.12.102 ГОСТ 34530-2019 под интермодальной перевозкой понимается «система доставки грузов в международном и/или внутреннем и/или смешанном сообщении несколькими

видами транспорта в единой грузовой транспортной единице по одному перевозочному документу и предполагающая отсутствие перегруза самого груза при смене транспорта» [15]. Таким образом, ГОСТ 34530-2019 наделяет интермодальную перевозку следующими тремя признаками:

- наличием единого перевозочного документа (комплекта документов);
- применимостью к грузовым перевозкам;
- перевозка и передача груза с одного вида транспорта на другой производится в укрупненных грузовых единицах.

Последним анализируемым нормативно-правовым документом является СП 316.1325800.2017. Согласно п. 3.17, «интермодальная перевозка: перевозка, при которой один оператор (экспедитор или провайдер логистических услуг) организует и осуществляет по договору с грузовладельцем доставку груза от места отправления до места назначения по единому перевозочному документу, выполняя часть работы самостоятельно или с привлечением сторонних транспортных организаций» [14]. Из данного определения можно явно выделить два признака:

- наличие единого перевозочного документа (комплекта документов);
- применимость к грузовым перевозкам.

Кроме этого, в последнем определении есть отсылка к оператору смешанной перевозки. Таким образом, появляется еще один признак — ответственность за перевозку несет одно лицо (оператор смешанной перевозки).

В табл. 3 сведены признаки термина «интермодальная перевозка», установленные шестью рассмотренными документами.

Из приведенных в табл. 3 данных видно, что наиболее характерными признаками интермодальной перевозки являются:

- применимость к грузовым перевозкам;
- перевозка и передача груза с одного вида транспорта на другой производится в укрупненных грузовых единицах.

Возникает вопрос о возможности применения термина «интермодальная перевозка» к пассажирскому сообщению. Поскольку для интермодальной пассажирской перевозки в перечисленных документах предусматривается наличие единого перевозочного документа (комплекта документов), что в принципе характерно для прямой смешанной перевозки, было бы более уместно использовать данный термин.

Выводы и предложения

Представленные результаты анализа терминов в нормативно-правовых документах, действующих в области смешанных перевозок, подтвердили отсутствие единых подходов к формированию характеристик термина и установлению определяющих его признаков. Таким образом, действующая терминология смешанных перевозок нуждается в унификации и однозначности.

На основании полученных результатов предлагаются для использования следующие термины.

Таблица 3. Сравнение признаков определения «интермодальная перевозка» в нормативно-правовых документах

Характерный признак перевозки	МЗ ТД	ГОСТ 33942-2016	СМГС	ГОСТ Р 57118-2016	ГОСТ 34530-2019	СП 316.1325800
Наличие единого перевозочного документа (комплекта документов)	–	+	–	+	+	+
Термин применим к грузовым перевозкам	+	не отражено	+	+	+	+
Термин применим к пассажирским перевозкам	–	+	–	не отражено	–	не отражено
Основной объем перевозки приходится на один вид транспорта	–	–	–	–	–	–
Перевозку организует оператор смешанной перевозки, который несет ответственность за каждый ее этап	–	+	–	+	–	+
Определение распространяется только на международные смешанные перевозки	–	–	–	–	–	–
Перевозка и передача груза с одного вида транспорта на другой производится в укрупненных грузовых единицах	+	не отражено	+	+	+	–



Прямая смешанная перевозка — перевозка грузов или пассажиров двумя и более видами транспорта по единому перевозочному документу или единому комплекту перевозочных документов.

Мультимодальная перевозка — перевозка грузов или пассажиров двумя и более видами транспорта, организуемая оператором смешанной перевозки, который несет за нее ответственность на всем пути следования, независимо от количества участвующих в перевозке видов транспорта.

Интермодальная перевозка — последовательная перевозка груза двумя и более видами транспорта, при которой сама перевозка и передача груза с одного вида транспорта на другой производится в укрупненной грузовой единице (контейнере, съемном кузове, полуприцепе и т. п.).

Источники

1. Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь. 2-е изд., испр. М.: ИНФРА-М, 1999. 479 с.
2. Большой энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Бол. рос. энциклопедия, 2000. 1434 с.
3. Четчуев М.В., Четчуева В.Г. О проблемах существующей терминологии в области смешанных перевозок // III Бетанкуровский междунар. инженерный форум: сб. трудов. Санкт-Петербург, 2–3 декабря 2021 г. В 2 т. Т. 2. СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2021. С. 191–193.
4. Романов А.С. Уточнение понятийного аппарата процессов взаимодействия различных видов транспорта при организации смешанных перевозок // БРНИ. 2019. Вып. 2. С. 99–108.
5. Вакуленко С.П., Ларин О.Н., Куликова Е.Б. Теоретические аспекты типологии перевозок с участием нескольких видов транспорта // III междунар. науч.-практич. конф. «Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах». Санкт-Петербург, 23–25 октября 2019 г.: сб. трудов: в 2 ч. СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2020. Ч. 1. Развитие транспортной инфраструктуры и управление перевозками. С. 204–211.
6. Бажина М.А., Шекочихина Е.П. «Понятийный бум» при осуществлении перевозок различными видами транспорта в России и за рубежом: сравнительный анализ // Вестн. Университета им. О.Е. Кутафина. 2021. № 1. С. 148–156.
7. ФЗ «Гражданский кодекс Российской Федерации (ч. 2)» от 26.01.1996 № 14-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_9027 (дата обращения 12.10.2023).
8. ФЗ «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации» от 10.01.2003 № 18-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40444 (дата обращения 12.10.2023).
9. «Модельный закон о транспортной деятельности»; принят в Санкт-Петербурге 31.10.2007 г. Постановлением 29–8 на 29-м пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств-участников СНГ. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=INT&n=42350#Dvg9ruT5Sh473JUB> (дата обращения 12.10.2023).
10. ГОСТ 33942-2016. Услуги на железнодорожном транспорте. Обслуживание пассажиров. Термины и определения. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200142720> (дата обращения 12.10.2023).
11. «Соглашение о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС)». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_133603/4dd248e0f29bd2ec7f9da1f647c3f7e4f88af9ff (дата обращения 12.10.2023).
12. Конвенция Организации Объединенных Наций о международных смешанных перевозках грузов; Женева, 24 мая 1980 г. URL: https://estiw.ru/info/legislation/international_law/base/convention (дата обращения 12.10.2023).
13. ГОСТ Р 57118-2016. Перевозки интермодальные. Термины и определения. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/63496> (дата обращения 12.10.2023).
14. СП 316.1325800.2017. Терминалы контейнерные. Правила проектирования. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293739/4293739137.pdf> (дата обращения 12.10.2023).
15. ГОСТ 34530-2019. Транспорт железнодорожный. Основные понятия. Термины и определения. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/718/71886.pdf> (дата обращения 12.10.2023).

«Виртуальная сцепка» на Восточном полигоне: достигнутые эффекты и направления развития



А. И. Долгий,
канд. техн. наук, генераль-
ный директор АО «Научно-
исследовательский и про-
ектно-конструкторский
институт информатиза-
ции, автоматизации
и связи на железнодо-
рожном транспорте»
(НИИАС),



А. Г. Сахаров,
начальник департамента
управления бизнес-блоком
«Железнодорожные пере-
возки и инфраструктура»
ОАО «Российские железные
дороги»,



М. А. Дежнев,
заместитель начальника
департамента научных
исследований, аналитики
и совершенствования
научно-технической
деятельности
АО «НИИАС»,



С. А. Макиевский,
машинист-инструктор
локомотивных бригад
эксплуатационного
локомотивного депо
Хабаровск-II ОАО «РЖД»,



М. А. Чернин,
руководитель Центра
научно-технологических
экспертиз АО «НИИАС»

В настоящее время одна из важнейших задач отечественного железнодорожного транспорта — обеспечить рост пропускной и провозной способностей как ключевых факторов экономического и социального развития Российской Федерации и сохранения ее технологического суверенитета.

Ускоренное внедрение новейших инновационных разработок позволяет за счет науко-
емых технито-технологических решений преодолеть барьерные места в инфра-
структуре ОАО «РЖД» и в короткие сроки обеспечить выход на требуемые показате-
ли пропускной способности на уровне не только отдельных участков, но и крупных
полигонов в целом [1].

Пример реализации такого подхо-
да — внедрение на Восточном полигоне
инновационной технологии интерваль-
ного регулирования движения поездов
«виртуальная сцепка» (ВСЦ). Ее особен-
ностью является возможность повыше-
ния пропускной способности за счет так
называемого виртуального соединения
двух и более поездов путем установления
связи по цифровому радиоканалу меж-
ду бортовыми системами управления
ведущего (первого) и ведомого поездов
(рис. 1).

Для реализации технологии ВСЦ в ка-
честве аппаратно-программных средств
используются интеллектуальные систе-

мы автоведения, цифровая радиосвязь
и бортовые локомотивные устройства
безопасности.

По радиоканалу между поездами
в режиме реального времени передают-
ся динамические параметры движения
поездов: расстояние до хвоста ведущего
поезда, скорость и режим его движения
(торможение или ускорение). При этом
обеспечивается возможность поддер-
жания минимального межпоездного
интервала, который могут позволить
системы инфраструктуры — устройства
железнодорожной автоматики и тяговое
электрооборудование.

Неоспоримым преимуществом ВСЦ
по сравнению с другими технологиями
в части интервального регулирования
является возможность ее применения
на действующей инфраструктуре особо
грузонапряженных участков Восточ-
ного полигона (приведенная грузона-
пряженность более 150 млн ткм брутто/
км в год). Следовательно, применение
данной технологии позволяет получить
наиболее значимый результат по кри-

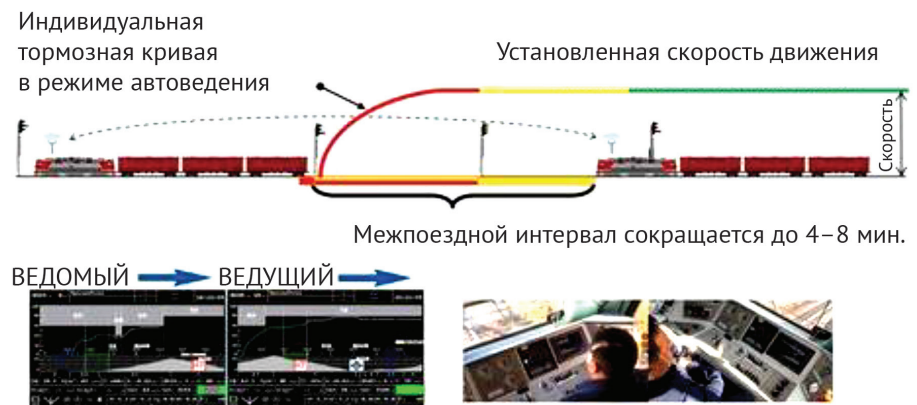


Рис. 1. Принцип реализации «виртуальной сцепки» поездов

терию оценки «стоимость/эффективность».

Для обеспечения практической реализации технологии «виртуальная сцепка» были разработаны и поставлены на производство:

- отечественные бортовые интеллектуальные устройства «автоведения» (ИСАВП-РТ-М);
- устройства безопасности движения поездов (модернизированные КЛУБ-У, БЛОК) с новым программным обеспечением и обновленными базами электронных карт;
- новые радиомодемы (М-ЛИНК), обеспечивающие надежную связь между локомотивами на расстояниях до 10–12 км.

При этом необходимо отметить, что для ведения составов в режиме ВСЦ повышенная дальность связи между двумя локомотивами в диапазоне 160 МГц обеспечивается за счет приема и передачи пакетов данных с использованием помехозащищенных турбокодов с применением векторного вида модуляции CQPSK. При необходимости дальнейшее наращивание возможностей радиомодема осуществляется заменой программного обеспечения.

Для внедрения ВСЦ на Восточном полигоне ОАО «РЖД» закуплено оборудование для поэтапного оснащения локомотивов, используемых для тяги поездов в режиме ВСЦ. Здесь внедряют локомотивы «Ермак» серии ЗЭС5К, на которые устанавливается система автоведения ИСАВП-РТ-М в комплексе с радиомодемом М-ЛИНК и устройством безопасности (БЛОК). К концу 2022 г. этими системами были оснащены 1089 локомотивов, к 1 ноября 2023 г. — 1461 (+34% к уровню 2022 г.). Динамика оснащения локомотивов представлена на рис. 2.

Первый этап испытаний технологических решений, обеспечивающих внедрение ВСЦ, проведен в 2019–2020 гг. на участке Хабаровск — Ружино Дальневосточной железной дороги протяженностью 400 км (рис. 3). С 1 ноября 2019 г. по 28 июля 2020 г. по участку Хабаровск — Ружино в режиме ВСЦ проведены 272 грузовых поезда.

На июль 2020 г. оборудовано 80 локомотивов ЗЭС5К. В ходе испытаний в режиме ВСЦ реализован межпоездной интервал для грузовых поездов 8–10 мин., в то время как при старых технологиях он составлял 15–17 мин. Нужно подчеркнуть, что радикального сокращения интервала удалось добиться без допол-

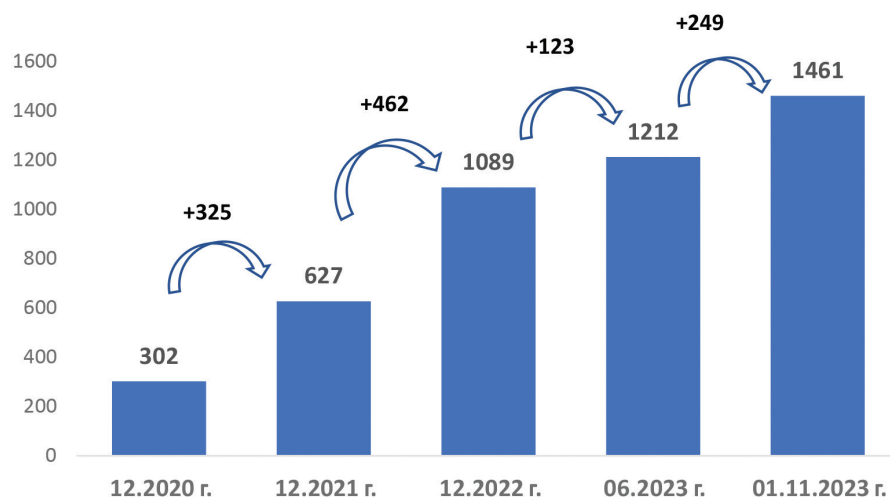


Рис. 2. Динамика оснащения локомотивов оборудованием для применения технологии «виртуальная сцепка»

нительного усиления систем тягового электроснабжения.

Благодаря внедрению модернизированной системы автоведения ИСАВП-РТ-М расстояние между поездами сократилось до 2 км. Испытания показали, что в режиме ВСЦ на подготовленной инфраструктуре и с хорошо обученными машинистами можно достичь межпоездного интервала 6–7 мин.

После испытаний на участке Хабаровск — Ружино, доказавших эффективность ВСЦ, участок опытной эксплуатации был расширен до станции Карымская Забайкальской железной дороги, а с переходом в режим подконтрольной эксплуатации — до станции Тайшет Восточно-Сибирской железной дороги. Общая протяженность участка применения технологии ВСЦ к концу 2022 г. составила 4927 км.

Значимым результатом повышения пропускной способности участков железных дорог стало повышение скорости движения поезда на желтый сигнал светофора свыше 60 км/ч. Эта норма закреплена в новой редакции «Правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации» (п. 54 Приложения 2 к ПТЭ, раздел 1) [2]. Такой режим движения формируется за счет взаимодействия комплекса устройств безопасности САУТ и КЛУБ-У (БЛОК, БЛОК-М), обеспечивающих реализацию безопасной тормозной кривой. Применение этой технологии не требует изменения систем железнодорожной автоматики и радиосвязи и позволяет на ряде участков Восточного полигона увеличить пропускную

способность до 5% за счет повышения скорости и сокращения интервалов движения поездов.

Серьезным техническим достижением, нацеленным на дальнейший рост пропускной способности Восточного полигона, стал практический переход к пакетному пропуску поездов в режиме ВСЦ.

13 сентября 2023 г. впервые на сети железных дорог была на практике доказана возможность пропуска пяти грузовых поездов в едином пакете по технологии интервального регулирования «виртуальная сцепка». Подконтрольные испытания проведены на участке Смоляниново — Облучье Дальневосточной же-



Рис. 3. Полигон испытаний Хабаровск — Ружино

лезной дороги протяженностью 1106 км. Виртуальная сцепка составила 342 порожних вагона, время в пути — 26 часов, межпоездной интервал следования — 9 мин.

Следующим шагом в развитии ВСЦ стал впервые выполненный эксперимент по организации пакетного движения пяти поездов разной массы. 16 ноября 2023 г. на участке Хабаровск II — Ружино протяженностью 396 км с межпоездным интервалом 8 мин проследовала сцепка из пяти составов общей массой 26 663 т, включая один порожний массой 1381 т.

Полученные результаты подтверждают адаптивность системы интервального регулирования при формировании пакетов из поездов разной массы и длины. При этом устойчиво выдерживается интервал движения поездов в фактических условиях энергоснабжения.

Для организации работы с применением виртуальной сцепки был разработан соответствующий график. Количество пар поездов, функционирующих в режиме ВСЦ на полигоне Тайшет — Карымская — Находка-Восточная, выросло с 614 пар в 2020 г. до 3600 пар в 2021 г. и достигло 12 226 пар в 2022 г. С июля 2023 г. полигон применения новой технологии расширен до станции Мариинск Красноярской железной дороги и составил 5734 км.

По результатам 2023 г., количество поездок в режиме ВСЦ ежемесячно возрастало и в октябре достигло месячного максимума за весь период применения — 4057. Всего за 10 месяцев 2023 г. этот показатель составил 28 424 пары, что в 1,7 раза больше, чем суммарно за три предыдущих года.

Чтобы определить фактически достигнутые эффекты от применения технологии ВСЦ, проведен детальный анализ по каждой из 12 226 поездок, выполненных в 2022 г., по каждому из 26 диспетчерских участков, формирующих сквозной полигон Тайшет — Карымская — Находка-Восточная. При этом выделялись результаты по нечетному (с востока на запад) и четному направлениям, так как они имеют существенные различия как по грузонапряженности, так и по структуре поездопотока.

Для объективной оценки результатов, полученных при реализации технологии ВСЦ в 2022 г., использовались фактические данные, зафиксированные в автоматизированных системах «график исполненного движения» (ГИД) «Урал-ВНИИЖТ» и АПК «Эльбрус»,

Таблица 1. Среднемесячный межпоездной интервал между ведущим и ведомым поездами в режиме «виртуальная сцепка»

Железная дорога	Среднемесячный интервал ВСЦ в 2022 г., мин.	
	Нечетное направление	Четное направление
Восточно-Сибирская	9,7	10,2
Забайкальская	9,1	9,7
Дальневосточная	9,2	9,7

а также в статистическом отчете ОАО «РЖД».

Анализ результатов эксплуатации технологии ВСЦ позволяет констатировать следующее (табл. 2, рис. 4).

1. По итогам 2022 г. среднегодовой интервал движения в режиме ВСЦ соответствует минимальным проектным параметрам, определяемым действующими устройствами автоматической блокировки, что в ряде диспетчерских участков ниже установленного графического (нормативного) среднего интервала попутного следования до 20 %. Результаты анализа графика движения поездов по среднемесячному межпоездному интервалу между ведущим и ведомым по-

ездами в режиме ВСЦ на существующей инфраструктуре по дорогам Восточного полигона представлены в табл. 1.

При этом необходимо отметить, что в условиях бесперебойной связи и штатной работы локомотивной аппаратуры, обеспечивающей движение поездов в режиме ВСЦ, а также ведения поезда обученной локомотивной бригадой межпоездной интервал на ряде диспетчерских участков снижался до 7 минут, что полностью соответствует техническим требованиям к системе автоведения ИСАВП-РТ-М.

2. Поезда, следовавшие по системе виртуальной сцепки на полигоне Тайшет — Находка-Восточная протяженно-

Таблица 2. Результаты расчета эффекта от применения технологии «виртуальная сцепка» на Восточном полигоне в 2022 г.

Показатель	Забайкальская ж. д.	Дальневосточная ж. д.	Восточно-Сибирская ж. д.	Итого
Грузооборот нетто, млрд ткм	13,144	5,072	4,059	22,275
Среднегодовой интервал, мин	9,4	9,4	10,2	9,4
Прирост числа поездов, % от количества поездов	23	33	30	27
Дополнительный грузооборот нетто, млрд ткм	2,950	1,687	1,232	5,868
Дополнительный доход, млрд руб.	1,518	0,868	0,634	3,020

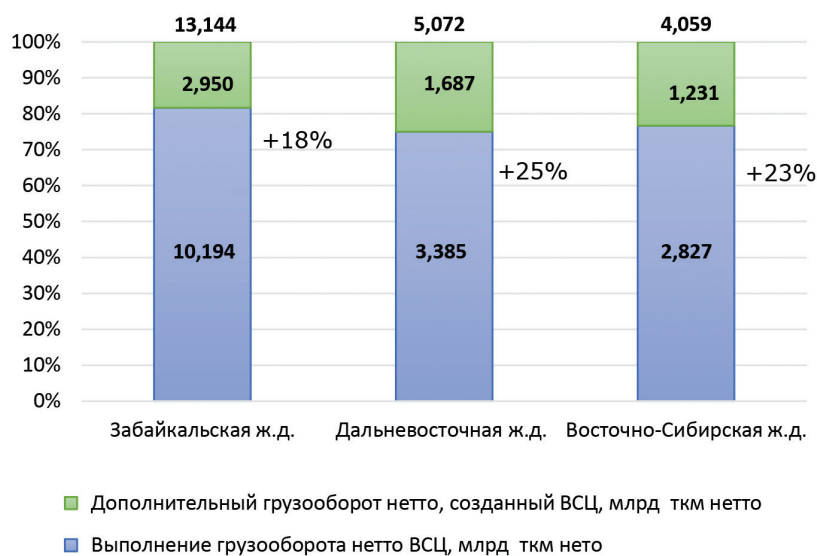


Рис. 4. Дополнительный грузооборот от внедрения ВСЦ на Восточном полигоне в 2022 г.

стью 4927 км по четному и нечетному направлениям Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной железных дорог в 2022 г., реализовали грузооборот в объеме 22,28 млрд ткм нетто, что составило 2,3 % от общего годового объема 988,16 млрд ткм нетто на полигоне.

При этом за счет ВСЦ дополнительный объем грузооборота составил 5,87 млрд ткм нетто, или 26,3 % от выполненного в режиме ВСЦ.

Это позволяет сделать вывод, что на полигоне Транссиба за счет применения виртуальной сцепки можно достичь прироста грузовых перевозок в среднем на 25 % от грузооборота, выполняемого по данной технологии.

3. Внедрение ВСЦ в 2022 г. обеспечило экономию более 10 тыс. поездо-часов за счет исключения операций объединения/разъединения поездов. При этом экономия бюджета рабочего времени за 2022 г. составила не менее 50 тыс. часов.

4. При расчетной тарифной ставке в 0,5146 руб/ткм нетто дополнительный грузооборот в объеме 5,87 млрд ткм нетто, полученный в 2022 г. на Восточном полигоне с помощью применения ВСЦ, обеспечил ОАО «РЖД» дополнительный доход в сумме более 3 млрд руб.

5. Эквивалент дополнительного объема перевозки грузов через контрольное сечение Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры (КПМИ) в 2022 г. составил порядка 2 млн т.

Особую практическую значимость технологии ВСЦ приобретают при ремонте железнодорожных путей в «окнах», а также в условиях уплотненного графика движения поездов. В этом случае с учетом подготовительных и организационных мер возможен пропуск грузовых поездов по одному главному пути с интервалами в 6 мин. в период проведения работ. При этом интервал 6 мин. по системе тягового электроснабжения достигается за счет исключения следования поездов по главному пути, закрытому для движения.

Таким образом, существенно повышается коэффициент реализации потребных размеров движения в период закрытия одного из главных путей перегонов. Это подтверждено практически результатами. Так, на Забайкальской дороге при увеличении продолжительности «окон» в 2022 г. на 17 % по сравнению с показателем предыдущего года, тарифный грузооборот вырос на 6,4 %. При этом в период основных строительных

и ремонтных работ на инфраструктуре магистрали — с июня по ноябрь — выполнено 65 % годового количества поездов в режиме ВСЦ с увеличением в 4 раза к уровню 2021 г.

Среди дополнительных факторов, характеризующих эффективность внедрения новой технологии на лимитирующих участках Восточного полигона, необходимо отметить сокращение эксплуатационных расходов за счет экономии электроэнергии на тягу поездов благодаря оптимизации параметров движения грузовых поездов в режиме автоведения.

Выполненный по результатам эксплуатационных испытаний анализ удельного расхода электроэнергии на тягу поездов при движении в режиме ВСЦ по сравнению с одиночными поездами одинаковой массы, следующими по тем же участкам, подтвердил снижение указанного показателя на 2,2 % для каждого локомотива, оборудованного системой автоведения. В целом за счет оптимального выбора режима движения поезда с использованием интеллектуальной системы автоведения в режиме ВСЦ экономия электроэнергии достигла 10 %.

Также важным аспектом внедрения в производственную деятельность инновационных технологий ВСЦ стали достигнутые социальные эффекты, которые определяются улучшением условий труда локомотивных бригад и оперативно-диспетчерского персонала Центральной дирекции управления движением (ЦД):

- снижение психофизиологической нагрузки машинистов в режиме автоведения при использовании виртуальной сцепки. Это достигается за счет высокого уровня автоматизации процесса вождения поездов с минимальным участием машинистов во всех режимах от отправления до прибытия (разгон поезда, поддержание установленной скорости, торможение до остановки) при обеспечении допустимых скоростей, плавности хода и графика движения. Такой эффект, в свою очередь, позволяет минимизировать риски влияния человеческого фактора на безопасность и организацию перевозочного процесса;

- повышение устойчивого уровня работоспособности локомотивных бригад на 2–3 часа за смену, что способствует продлению сроков профпригодности машинистов;

- сокращение времени обучения локомотивных бригад и освоения малоопытными машинистами энерго-

оптимальных алгоритмов ведения поезда благодаря применению разработанных режимов «автоведение» и «советчик», предусмотренных технологией «виртуальная сцепка»;

- повышение уровня материального стимулирования труда машинистов и оперативно-диспетчерского персонала, обеспечивающих вождение поездов в режиме «виртуальная сцепка»;

- рост технической грамотности локомотивных бригад при использовании интеллектуальных компьютерных систем в управлении движением локомотивов, а также престижности профессии машиниста, что снижает текучесть кадров.

Важным фактором повышения эффективности работы Восточного полигона стала организованная система обучения и переподготовки кадров для вождения поездов с применением инновационных технологий ВСЦ. На основе разработанной нормативно-технической базы организовано обучение локомотивных бригад и машинистов-инструкторов эксплуатационных локомотивных депо. Обучение прошли почти 4 тыс. человек.

Также разработана и реализована программа повышения квалификации оперативно-диспетчерского персонала ЦД. По итогам 2023 г. обучение по технологии «виртуальная сцепка» пройдут более 350 работников. Определены планы повышения квалификации персонала по всем дорогам Восточного полигона.

Анализ достигнутых в 2022 г. показателей экономической и социальной эффективности от внедрения рассматриваемых инновационных технологий позволяет уверенно прогнозировать по итогам 2023 г. рост количества поездов в режиме ВСЦ до 34 тыс. на расширенном полигоне протяженностью 5734 км от Мариинска до Находки-Восточной (рис. 5) с выходом на эквивалент дополнительного объема перевозки грузов через контрольное сечение КПМИ до 3,5 млн т.

При сохранении взятого темпа в 2024 г. ожидается доведение доли перевозочной работы с использованием технологии «виртуальная сцепка» до уровня не менее 10 % от общего объема грузооборота нетто по Восточному полигону.

В целом внедрение на Восточном полигоне технологий ВСЦ как инновационной составляющей в общем комплексе мероприятий, проводимых ОАО «РЖД», вносит значительный вклад в расшивку узких мест в существующей инфраструктуре, содействуя выполнению директив

президента и правительства по достижению провозных способностей Восточного полигона в размере 180 млн т в 2024 г.

Перспективы дальнейшего применения наукоемких технологий интервального регулирования для повышения пропускной способности определяются реализацией комплекса мероприятий. Для этого в 2024–2025 гг. необходимо продолжить работы по внедрению инновационной технологии «виртуальная сцепка», уделив особое внимание вопросам:

- определения возможностей организации пакетов поездов в режиме ВСЦ на полигоне Мариинск — Тайшет — Карымская — Находка-Восточная по условиям тягового электроснабжения;
- разработки методологии управления поездопотоками с применением технологии ВСЦ с учетом возможностей действующей инфраструктуры тягового электроснабжения;
- совершенствования технологий работы технических станций формирования приема и обработки пакетов, а также безостановочного пропуска по диспетчерским участкам;
- выполнения имитационного моделирования для разработки вариантных графиков с применением технологии ВСЦ для повышения пропускной способности участков при организации ремонтных и строительных работ с закрытием перегонов;
- автоматизации процессов учета выполняемой работы по технологии ВСЦ в рамках разрабатываемой технологии (ГИД) нового поколения;
- разработки технологии автоматической передачи предупреждений на грузовые локомотивы с системой автоведения;
- разработки технологии интеграционного взаимодействия между ГИД и устройствами безопасности по передаче данных о фактическом маршруте следования и маршрутах в электронной карте;
- доработки мотивационной составляющей для эксплуатационных служб с целью повышения удельной протяженности поездок в режиме ВСЦ.

Следующим этапом в повышении пропускных способностей Восточного полигона станет активное внедрение наиболее высокопроизводительной технологии из созданного в ОАО «РЖД» комплекса наукоемких технологических решений — технологии интервального регулирования с подвижным блок-участком на основе микропро-

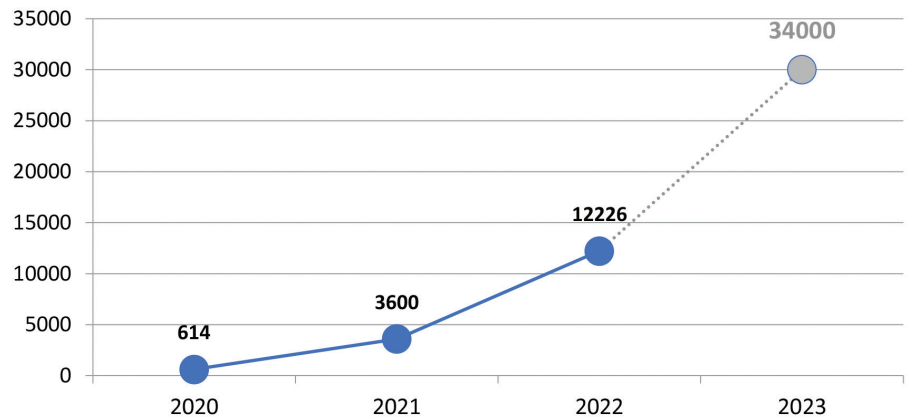


Рис. 5. Динамика роста количества пар поездов с использованием технологии «виртуальная сцепка» на полигоне Мариинск — Тайшет — Карымская — Находка-Восточная

цессорной системы автоблокировки с токовыми рельсовыми цепями и централизованным размещением аппаратуры (АБТЦ-МШ) [4].

В отличие от виртуальной сцепки эта технология требует дополнительной модернизации железнодорожной инфраструктуры в части проектирования и строительства системы автоблокировки АБТЦ-МШ, что даже при применении типизированных проектных решений занимает много времени и требует дополнительных инвестиций. Однако в результате достигается возможность пропускать с минимально возможным межпоездным интервалом все категории поездов, а не только обеспечивающие режим ВСЦ. Исследования однозначно рекомендуют применять АБТЦ-МШ как основную систему интервального регулирования на наиболее грузонапряженных участках.

Исходя из этого, принятый в ОАО «РЖД» системный подход к реализации КПМИ на Восточном полигоне предусматривает наличие переходного периода, когда на первом этапе в действующей инфраструктуре рост пропускной способности участков до целевых значений обеспечивается за счет применения ВСЦ, одновременно поэтапно модернизируется устройство железнодорожной автоматики и телемеханики с выходом на полное покрытие Восточного полигона системой АБТЦ-МШ. Важно, что при этом технология виртуальной сцепки сопрягается с поэтапным внедрением АБТЦ-МШ и при полном завершении строительства этой системы на участке позволяет увеличивать пропускную способность до 10%.

В среднесрочной перспективе такая интеграция инновационных технологий интервального регулирования и современных комплексных решений и проектов в рамках построения в ОАО

«РЖД» современной цифровой платформы управления перевозочным процессом обеспечит кардинальное решение всех проблем с пропускной способностью российских железных дорог [3].

Инновационные технологии интервального регулирования и освоенные отечественными производителями аппаратно-программные средства их реализации, вобрав в себя лучшие достижения отечественной науки и мирового опыта в области управления и обеспечения безопасности движения поездов, позволят сохранить технологический суверенитет отечественного железнодорожного транспорта и освоить возрастающие объемы грузовых перевозок на Восточном полигоне и других стратегически важных железнодорожных магистралях Российской Федерации. **Т**

Источники:

1. Андреев В. Е., Пронкин А. В., Долгий А. И., Розенберг Е. Н. Развитие технологий интервального регулирования движения поездов: итоги и перспективы // Транспорт РФ. 2023. № 1–2. С. 6–12.
2. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/351240235> (дата обращения 03.11.2023).
3. Долгий А. И. Концептуальный подход к построению современной платформы управления перевозочным процессом в ОАО «РЖД» // Тр. АО «НИИАС»: Сб. ст. М.: Т8 Издательские технологии. 2021. Т. 1, вып. 11. С. 9–31.
4. Кобзев С. А., Розенберг Е. Н., Воронин В. А. и др. Комплексная технология интервального регулирования движения поездов. М.: Т8 Издательские технологии. 2023. 216 с.

Мониторинг инженерных сооружений на Крымском мосту



В. Н. Мячин,
д-р техн. наук,
генеральный
директор ООО «Научно-
исследовательский
и проектный институт
территориального
развития и транспортной
инфраструктуры»
(НИПИ ТРТИ),



Д. В. Ефанов,
д-р техн. наук,
заместитель
генерального директора
по НИР «Научно-
исследовательский
и проектный институт
Транспортной
и строительной
безопасности»
(НИПИ «ТрансСтройбезо-
пасность»), профессор
Высшей школы
транспорта Института
машиностроения,
материалов и транспорта
Санкт-Петербургского
политехнического
университета Петра
Великого,



Г. В. Осадчий,
канд. техн. наук, начальник
отдела НИР НИПИ
«ТрансСтройбезопас-
ность»

О строительстве мостового сооружения через Керченский пролив задумывались еще в Российской империи, проекты его создания прорабатывались в начале XX в. Во время Великой Отечественной войны железнодорожный мост был построен, но просуществовал недолго, пока его не разрушил лед в 1945 г.

В 1949 г. Совет министров СССР принял постановление о строительстве железнодорожно-автомобильного моста к полуострову Крым. Однако этим планам не суждено было сбыться, и в 1950 г. в Керченском проливе соорудили паромную переправу.

Строительство транспортного перехода не единожды обсуждалось впоследствии, но лишь в 2014 г. в связи со сложной политической обстановкой между соседними государствами и необходимостью организации сухопутной связи между двумя российскими регионами перешло от обсуждений в практическую плоскость.

Проект моста, соединяющего Таманский полуостров в Краснодарском крае с Керченским полуостровом в Республике Крым, разработан АО «Институт Гипростроймост — Санкт-Петербург». Сложность проектирования и строительства объекта обуславливалась рядом факторов:

- наличием в районе Керченского пролива тектонического разлома;
- постоянным движением навстречу друг другу Таманского полуострова и Крыма;
- сложными погодными условиями эксплуатации (шквальными ветрами, направленными вдоль проливной зоны, активным ледоходом);
- расположением в сейсмоактивной зоне.

Сегодня транспортный переход через Керченский пролив (Крымский мост) является стратегическим сооружением (рис. 1). В 2018 г. здесь было открыто движение автомобильного транспорта (по две полосы в каждом направлении), а в конце 2019 г. — и железнодорожное сообщение (участок длиной 19 км в двухпутном исполнении). С момента начала эксплуатации моста пассажиро- и грузопотоки только растут. К середине 2023 г. по автомобильной части перехода про-

следовало около 24 млн транспортных средств¹.

Цель настоящей статьи — описание особенностей разработки, проектирования, эксплуатации и технического содержания систем мониторинга инженерных конструкций и сооружений на уникальном объекте — Крымском мосту.

Системы мониторинга

Учитывая географическое расположение моста и его стратегическое значение, для обеспечения безопасности функционирования объекта используются современные структурированные системы мониторинга инженерных систем и конструкций как для автомобильного, так и железнодорожного переходов [1–4].

Поскольку после окончания строительства их балансодержателями стали разные компании (ФКУ УПРДОР «Тамань» и ФГУП «Крымская железная дорога»), обе системы мониторинга независимы. Более того, они существенно различаются.

Прежде всего необходимо отметить, что при разработке и проектировании систем был применен риск-ориентированный подход и к выбору контрольных измерительных точек, и к самой методике мониторинга [5]. Это повлияло на выбор измерительного оборудования и архитектуры самих систем.

Учитывались особенности расположения объекта мониторинга, включая нюансы самих конструкций (например, на более глубокие места забивки свай при выборе точек получения диагностической информации и пр.). Было применено модульное программное обеспечение и математическое моделирование поведения конструкций при действии различных внешних дестабилизирующих факторов.

¹ Стало известно, сколько автомобилей проехало по Крымскому мосту со дня его открытия. URL: <https://avtonovostidnya.ru/dorogi/321861> (дата обращения 10.07.2023).



Рис. 1. Крымский мост

Автодорожная система мониторинга включает в себя сеть датчиков, установленных только на арочном пролетном строении:

- 12 трехкоординатных акселерометров, смонтированных на подвесах для измерения частоты колебаний;
- 16 тензометров, расположенных на сводах арки и пролетном строении, предназначенных для измерения механического напряжения;
- 12 трехкоординатных акселерометров, смонтированных на металл, на сводах и на пролете для измерения ускорения в контрольных точках;
- 4 двухкоординатных инклинометра, расположенных на подферменниках арочного строения и предназначенных для измерения углов их отклонения от проектных осей;
- один метеорологический комплекс;
- 2 приемника, установленных на специализированных опорах (смонтированных на ригелях 252-й и 253-й опор с азовской стороны);
- одна базовая станция, расположенная на острове Тузла в районе 172-й опоры.

Для концентрации первичной диагностической информации используются шкафы сбора данных и автоматического ввода резерва (АВР), расположенные на 252-й опоре. Для защиты от агрессивной среды, соляных туманов, возникновения коррозии на контактах оборудования системы смонтировано в шкафах из нержавеющей стали марки 316L (рис. 2).

Все разъемы имеют смазку с эффектом вытеснения влаги.

Установленная на автодорожной части система позволяет полностью контролировать нежесткую конструкцию свода арки, а также состояние пролетного строения и осадку опорных частей. Система мониторинга увязана с системами аэронавигационной и судовой сигнализации, электроснабжения и освещения транспортного перехода.

Железнодорожный мост имеет значительное расширение по сравнению с автодорожным и контролируется с 10-й по 307-ю опоры. Это также обусловлено

разной конструкцией пролетных строений и различной нагрузкой на сооружения. Установленная на железнодорожном переходе система мониторинга включает в себя следующие устройства сбора данных:

- 286 инклинометров, расположенных на ростверках возле подферменников с 10-й по 307-ю опору в соответствии со схемой установки;
- 54 тензометра, расположенных на пролетном строении между 10-й и 11-й, 251-й и 252-й опорами, на своде арки, средней и нижней балке арки, а также на раскосах, пролетах между 253-й и 254-й, 306-й и 307-й опорами;
- 50 акселерометров, смонтированных на ростверках каждой десятой опоры и ригелях 252-й и 253-й опор, на своде арке, средней и нижней балках арки;
- 48 датчиков температуры конструкций, смонтированных на каждую десятую опору с 10-й по 300-ю, а также на своде арки, средней и нижней балках;
- 5 метеоккомплексов, установленных в районах опор 229, 244, 262, 276 и на вершине арочного пролетного строения;
- 2 приемника, установленных на специализированных опорах, смонтированных на ригелях 252-й и 253-й опор с черноморской стороны;
- одна базовая станция, расположенная на острове Тузла в районе 179-й опоры.

Железнодорожная система мониторинга увязана не только с системами аэронавигационной и судовой сигнализации и электроснабжения, но



Рис. 2. Смонтированный на арке железнодорожного моста шкаф с аналого-цифровым преобразователем

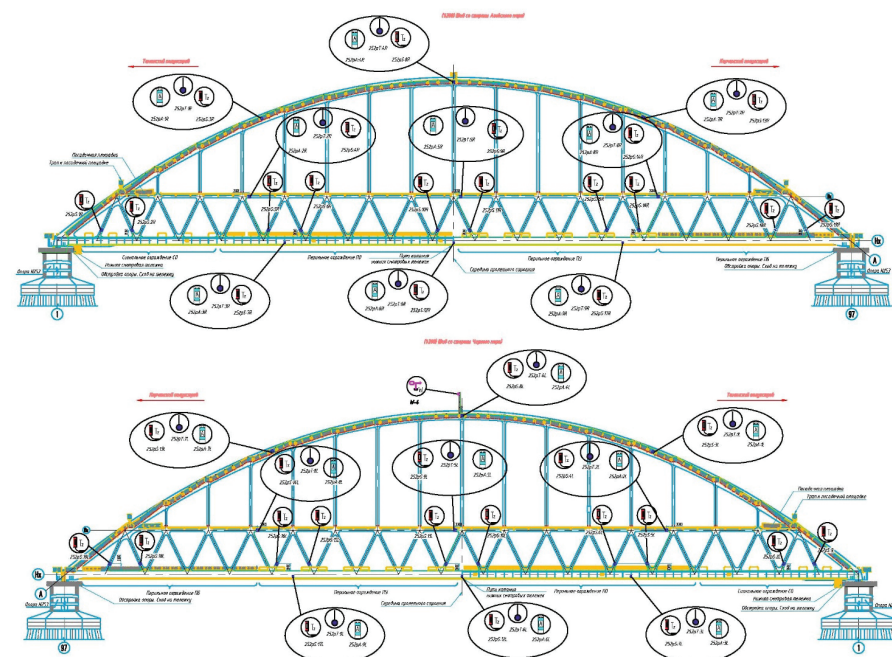


Рис. 3. Схема размещения датчиков системы мониторинга на арке железнодорожного моста (в эллипсах указаны датчики без детализации их функций)

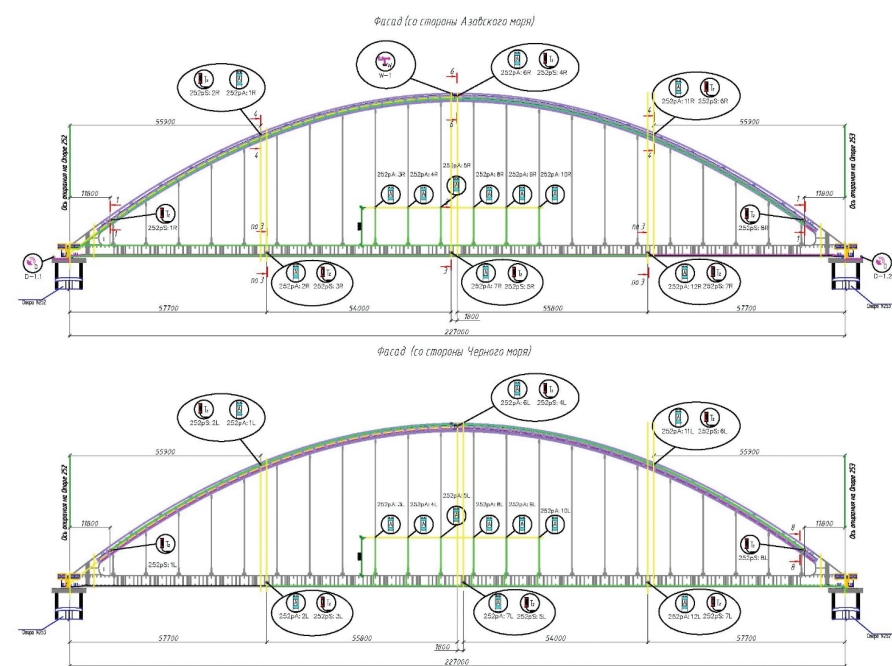


Рис. 4. Схема размещения датчиков системы мониторинга на арке автодорожного моста

и с системой мониторинга устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) — аппаратно-программным комплексом диспетчерского контроля (АПК-ДК) [6, 7].

Увязка с АПК-ДК позволяет передавать данные в систему обеспечения безопасности движения поездов. На основании этой информации можно реализовать «барьерную функцию» в системах СЦБ — принудительную остановку поезда при критических нарушениях в работе инженерных конструкций и сооружений, а при соответствующем

совершенствовании — динамическое изменение скоростных режимов движения поездов [8–12].

В качестве датчиков системы использованы как отечественные приборы, так и хорошо зарекомендовавшие себя зарубежные. На рис. 3 и 4 приведены разработанные при участии соавторов схемы размещения датчиков системы мониторинга на самых сложных конструкциях мостовых сооружений — на арках.

На верхнем уровне отображения и обработки данных используется современное автоматизированное рабочее

место с эргономичным промышленным дизайном.

Обе системы мониторинга находятся в эксплуатации более полутора лет (с мая 2018 г. — на автодорожной части и с ноября 2019 г. — на железнодорожной). В процессе их эксплуатации установлены некоторые особенности, присущие данному объекту.

Особенности эксплуатации систем мониторинга

После строительно-монтажных и пусконаладочных работ системы мониторинга были сданы в эксплуатацию и в настоящее время поддерживаются в рамках проекта содержания. Специалисты корректируют программное обеспечение, анализируют результаты наблюдения, совершенствуют аппаратные средства системы и режимы их функционирования. В процессе приработки выявлены и устранены некоторые недостатки.

Так, в ходе испытаний на автодорожном переходе выявлено, что при динамических нагрузках на деформационный шов колебания также передаются на все конструкции ригеля, что влечет за собой снижение точности измерения осадки опоры.

С точки зрения ориентированности все орбиты спутников находятся ближе к экватору, а приемники расположены на северной стороне, поэтому при попадании приемников в зону тени при проезде металлических фургонов-длинномеров отсекаются диаграммы направленности, что приводит к сбою измерений. В итоге за истинное принимается ошибочное расположение приемника, то есть уход за пределы установленных граничных значений.

Исключить описанную проблему довольно просто: надо объединить геодезические датчики автодорожного и железнодорожного переходов. Тем более, что 252-я и 253-я опоры обоих сооружений находятся на едином основании. Реализация такого решения позволит повысить точность и надежность измерительной подсистемы.

Некоторые технические проблемы эксплуатации систем мониторинга были связаны с климатическими условиями. Одна из них — попадание молнии в арку. В результате этого отказали все инклинометры. Впоследствии они были заменены. Интересно, что после проверки производителем демонтированных инклинометров следов отказов в результате перенапряжения не выявлено.

В процессе эксплуатации отказывал оптический коммутатор МОХА, обеспечивающий передачу данных на сервер, расположенный в административно-бытовом комплексе, и два акселерометра на подвесах. Одной из проблем технического характера оказалось затекание воды в разъемы акселерометров подвесов, расположенных в обтекателях арки автодорожного моста. Данную проблему решили, когда убрали преобразователи с подходящими и отходящими разъемами в шкафы и завели в них кабели посредством гермовводов.

В проект системы мониторинга железнодорожного перехода были внесены дополнения с учетом выявленных недостатков при монтаже и эксплуатации оборудования на автодорожном мосту.

Следует отметить, что железнодорожный мост имеет большую протяженность и распределенность на значительное расстояние элементов системы мониторинга — с 10-й по 307-ю опоры. Это влияет на процесс ее обслуживания: один из главных недостатков — то, что датчики, начиная с 212-й опоры, труднодоступны, и при их отказах проверка и замена элементов занимает много времени.

Были и другие трудности эксплуатации и содержания систем мониторинга на Крымском мосту, но специалисты обслуживающей компании решили эти проблемы.

Заключение

Самая важная задача при эксплуатации систем мониторинга — грамотно организовать взаимодействие служб эксплуатации двух разных балансодержателей и увязать обе системы. При этом у балансодержателей отсутствует подменный фонд, что затрудняет эксплуатацию систем в период поверочных мероприятий. Например, при проверке метеостанции (рис. 5) для автодорожной системы метеоданные не контролируются весь период работ.

Следующим этапом совершенствования эксплуатации систем мониторинга является научно-техническое сопровождение, сопряженное с интеллектуальным анализом диагностической информации для формирования прогнозных сроков эксплуатации элементов и дорожных карт по обслуживанию транспортного перехода [13–19], а также их увязка с другими функционирующими системами на объекте (например, с системой управления движением поездов [8–12]).



Рис. 5. Обслуживание метеостанции на арке автодорожного моста

Немаловажным фактором развития систем структурированного мониторинга также является возможность использования современных информационных и мобильных технологий, что существенно упрощает процесс их использования по назначению [20].

Системы мониторинга инженерных конструкций и сооружений — важная составляющая в обеспечении безопасного функционирования Керченского мостового перехода. От результата их работы зависит оперативность принятия решений при возникновении критических условий эксплуатации. Недостаточно просто собрать диагностические данные и хранить их — необходимо вовремя использовать результаты мониторинга для управления объектами, расположенными на переходе.

Именно эти задачи являются первостепенными в совершенствовании технологии мониторинга инженерных конструкций и сооружений на Крымском мосту.

Источники

1. Andersen J. E., Vesterinen A. Structural Health Monitoring Systems. Denmark, COWI A/S, 2006, 125 p.
2. Belyi A., Shestovitskii D., Myachin V., Sedykh D. Development of Automation Systems at Transport Objects of Megacity // Proc. 17th IEEE East-West Design & Test Symp. (EWDTS'2019), Batumi, Georgia, Sept. 13–16, 2019. P. 201–206. DOI: 10.1109/EWDTS.2019.8884382.

3. Белый А. А., Белов А. А., Яценко А. И., Антонюк А. А. Интегральный мониторинг моста Александра Невского // Путевой навигатор. 2020. № 45 (71). С. 38–45.
4. Аганов И. А., Осадчий Г. В., Ефанов Д. В. и др. Особенности эксплуатации системы мониторинга инженерных конструкций мостового сооружения через реку Пур в Ямало-Ненецком автономном округе // Мир дорог. 2021. № 142. С. 132–135.
5. Tammer M., Kaminski M. Fatigue Oriented Risk Based Inspection and Structural Health Monitoring of FPSOs // Proc. 23rd Int. Offshore and Polar Eng. Anchorage, Alaska, USA, June 30 – July 5, 2013. P. 438–449.
6. Ефанов Д. В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. 171 с.
7. Ефанов Д. В., Осадчий Г. В. Микропроцессорная система диспетчерского контроля устройств железнодорожной автоматики и телемеханики: 3-е. изд., стереотип. СПб.: Лань, 2023. 180 с.
8. Ефанов Д. В., Осадчий Г. В., Аганов И. А. Увязка систем управления с техническими средствами диагностирования и мониторинга объектов инфраструктуры // Автоматика, связь, информатика. 2021. № 6. С. 25–29. DOI: 10.34649/AT.2021.6.6.004.
9. Efanov D., Osadchy G., Aganov I. Fundamentals of Implementation of Safety Movement of Trains under Integration

- of Control Systems with Hardware for Railway Infrastructure Facilities Monitoring // Proc. 11th IEEE Int. Conf. on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2021). Vol. 1, Cracow, Poland, Sept. 22–25, 2021. P. 391–396. DOI: 10.1109/IDAACS53288.2021.9660985.
10. Ефанов Д.В. Перспективы управления движением на железнодорожных магистралях при использовании данных от систем мониторинга инженерных конструкций и сооружений // Мостовые сооружения. XXI век. 2021. № 4 (51). С. 17.
 11. Ефанов Д. В., Хорошев В.В., Осадчий Г.В. Концептуальные основы синтеза безопасных систем управления движением поездов // Мир транспорта. 2022. Т. 20, № 3 (100). С. 50–57. DOI: 10.30932/1992-3252-2022-20-3-6.
 12. Efanov D. V., Khóroshev V. V., Osadchy G.V. Principles of Safety Signalling and Traffic Control Systems Synthesis on Railways // Proc. 9th Int. Conf. on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIE), Sochi, Russia, May 15–19, 2022. P. 634–638. DOI: 10.1109/ICIEAM57311.2023.10139292.
 13. Smarsly K., Petryna Y. A Decentralized Approach towards Autonomous Fault Detection in Wireless Structural Health Monitoring Systems // 7th European Workshop on Structural Health Monitoring (EWSHM), Le Cité, Nantes, France, 2014 P. 1280–1286.
 14. Sun D. L., Shang Z., Xia Y. et al. Review of Bridge Structural Health Monitoring Aided by Big Data and Artificial Intelligence: From Condition Assessment to Damage Detection // J. Structural Eng. 2020. No. 146 (5): 04020073. DOI: 10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0002535.
 15. Sokolov S. A., Plotnikov D. G., Grachev A. A., Lebedev V. A. Evaluation of Loads Applied on Engineering Structures Based on Structural Health Monitoring // Int. Rev. Mechanical Eng. (IREME). 2020. Vol. 14, No. 2. P. 146–150. DOI: 10.15866/ireme.v14i2.18269.
 16. Efanov D. V., Myachin V., Osadchiy G., Zueva M. Filtration of Diagnostic Data for Retrospective Analysis in Health Monitoring Systems of Engineering Structures // Proc. 18th IEEE East-West Design & Test Symp. (EWDTS'2020), Varna, Bulgaria, Sept. 4–7, 2020. P. 189–196. DOI: 10.1109/EWDTS50664.2020.9224797.
 17. Грачев А. А., Никитин Г. И., Плотников Д. Г. и др. Автоматизация расчета локальных напряжений в элементах коробчатого сечения пролетных строений с ездовыми балками по данным непрерывного мониторинга // Автоматика на транспорте. 2021. Т. 7, № 2. С. 216–230. DOI: 10.20295/2412-9186-2021-7-2-216-230.
 18. Cury A., Ribeiro D., Ubertini F., Todd M. Structural Health Monitoring Based on Data Science Techniques // Springer Int. Publishing. 2022. Vol. 21, XVIII+474 p. DOI: 10.1007/978-3-030-81716-9.
 19. Kwon T. H., Park S. H., Park S. I., Lee S. H. Building Information Modeling-Based Bridge Health Monitoring for Anomaly Detection under Complex Loading Conditions Using Artificial Neural Networks // J. Civil Structural Health Monitoring. 2021. No. 11 (3). DOI: 10.1007/s13349-021-00508-6.
 20. Ozer E., Feng M. Q. Structural Health Monitoring // Start-Up Creation (Second Edition), The Smart Eco-Efficient Built Environment Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, 2020. P. 345–367. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819946-6.00013-8>.



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

Академия включает
47 РЕГИОНАЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЯ



СОСТАВ ОО «РАТ» В 2023 ГОДУ

**> 680 УЧЕНЫХ-
ТРАНСПОРТНИКОВ:**

170 ДОКТОРОВ НАУК

510 КАНДИДАТОВ НАУК

260 ПОЧЕТНЫХ ЧЛЕНОВ РАТ



**ДАТА ОСНОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
ТРАНСПОРТА:**

26 июня 1991 года

www.rosacademtrans.ru

Решение транспортной задачи с нечеткими потребностями



А. В. Флегонтов,
д-р физ.-мат. наук,
заведующий кафедрой
информационных систем
Института информаци-
онных технологий и тех-
нологического образования
ФГБОУ ВО «Российский
государственный педаго-
гический университет
им. А. И. Герцена»

Рассмотрим применительно к транспорту проблему использования методов нахождения оптимальных решений на основе математического моделирования и эвристических подходов в случаях, когда решение приходится принимать при недостаточно четко определенных условиях. Данная предметная область относится к классу мягких вычислений, объединяющему неточные, приближенные методы решения задач, зачастую не имеющие решений за полиномиальное время.

Согласно теореме о нечеткой аппроксимации Б. Коско [1], доказанной в 1993 г., любая достаточно гладкая функция может быть сколь угодно точно аппроксимирована при использовании системы на нечетких множествах с соответствующей структурой.

Другими словами, с помощью вербальных правил экспортных систем типа «если..., то» с последующей их формализацией средствами теории нечетких множеств можно выразить с заданной точностью взаимосвязь «входы-выходы» модели без использования аппарата дифференциального и интегрального исчисления, применяемого в классической теории. Предельная точность описания поведения модели в этом случае определяется полнотой базы знаний, сформированной из правил.

Как правило, к мягким вычислениям относят нечеткую логику, нейрокомпьютинг, генетические алгоритмы, вероятностные вычисления, а также рассуждения на базе экспертных заключений, сети доверия, вычисления в хаотических или слабоструктурированных системах. Рассмотрим несколько таких задач при недостаточно четко определенных условиях.

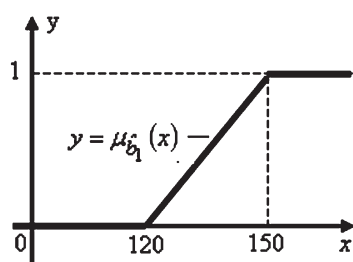
Задача 1. Дефицит запасов

Необходимо обеспечить потребителей в случае, когда для полного удовлетворения их запросов не хватает запасов.

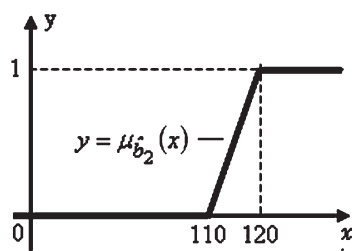
Пусть имеется n потребителей с потребностями b_j ($j=\overline{1, m}$) и складское снабжение A_i ($i=\overline{1, n}$). При этом суммарные запасы меньше суммарной потребности $\sum_{i=1}^n a_i < \sum_{j=1}^m b_j$. Требуется определить суммарные объемы транспортных поставок каждому потребителю так, чтобы все потребители были бы удовлетворены в максимальной степени, т. е. чтобы минимальная из степеней удовлетворенности была бы максимальной.

Предполагается, что потребности являются нечеткими и задаются интервальным образом на множестве $[0, \tilde{b}]$ ($\tilde{b} \geq b_j$ при $\forall j$), а значения функции принадлежности $\mu_{b_j}(x)$ $x \in [0, \tilde{b}]$ трактуется как степень удовлетворенности соответствующего потребителя полученным объемом материальных средств. В теории нечетких множеств в рамках представленных задач рассматривается совокупность пар $(x, \mu_{b_j}(x))$ [2–7].

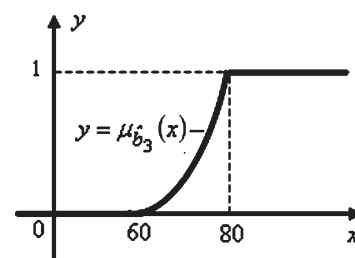
Пусть для простоты $n=3, m=2$. Уровень обеспечения всех потребителей стремится к максимуму. Функция принадлежности, задающая истинное значение высказывания «(степень удовлетворенности первого потребителя равна $\mu_{b_1}(x_1)$)»,



а



б



в

Рис. 1. Функции: а) $\mu_{b_1}(x)$, б) $\mu_{b_2}(x)$; $\mu_{b_3}(x)$

и (степень удовлетворенности второго потребителя равна $\mu_{b_2}(x_2)$), и (степень удовлетворенности третьего потребителя равна $\mu_{b_3}(x_3)$)» равна $\min\{\mu_{b_j}(x_j)\}$ (рис. 1). Суммарные объемы поставок потребителям обозначим как x_1, x_2, x_3 .

Для функций принадлежности $\mu_{b_j}(x_j)$ выберем, например, следующий вид:

$$\mu_{b_1}(x_1) = \begin{cases} \frac{x_1 - 120}{30}, & \text{если } x_1 \in [120; 150], \\ 1, & \text{если } x_1 > 150, \\ 0, & \text{если } x_1 < 120, \end{cases}$$

$$\mu_{b_2}(x_2) = \begin{cases} \frac{x_2 - 110}{10}, & \text{если } x_2 \in [110; 120], \\ 1, & \text{если } x_2 > 120, \\ 0, & \text{если } x_2 < 110, \end{cases}$$

$$\mu_{b_3}(x_3) = \begin{cases} \left(\frac{x_3 - 60}{20}\right)^2, & \text{если } x_3 \in [60; 80], \\ 1, & \text{если } x_3 > 80, \\ 0, & \text{если } x_3 < 60. \end{cases}$$

При заданных конкретных значениях b_j, a_i (табл. 1), $\mu_{b_j}(x_j)$ и на основании свойства оптимального плана [3, 7] рассматриваемая задача моделируется системой уравнений:

$$\left\{ \begin{aligned} \alpha &= \min_j \{\mu_{b_j}(x_j)\} \rightarrow \max \\ \frac{x_1 - 120}{30} &= \alpha \\ \frac{x_2 - 110}{10} &= \alpha \\ \left(\frac{x_3 - 60}{20}\right)^2 &= \alpha \\ x_1 + x_2 + x_3 &= 100 + 200 = 300 \\ 150 \geq x_1 \geq 120, 120 \geq x_2 \geq 110, 80 \geq x_3 \geq 60. \end{aligned} \right. \quad (1)$$

Найдем допустимые планы задачи 1, разрешая систему ее ограничений. При этом получим, что единственное допустимое (оно же и оптимальное) значение $\alpha = \frac{3}{8} - \frac{\sqrt{5}}{8}$.

В итоге получаем решение в виде

$$x_1 = \frac{90}{8} + 120 - \frac{30\sqrt{5}}{8}, x_2 = \frac{30}{8} + 110 - \frac{10\sqrt{5}}{8}, x_3 = -\frac{40}{8} + 60 + \frac{40\sqrt{5}}{8}.$$

Таким образом, мы определили суммарные объемы поставок со складов потребителям, при которых совместная потребность оказывается удовлетворенной в наибольшей степени.

Для вычисления оптимального транспортного плана, обеспечивающего полученные суммарные объемы поставок и минимальные затраты, нужно решить еще транспортную задачу, в которой потребности равны полученным выше значениям.

Решая эту несбалансированную задачу методом потенциалов при тех же начальных условиях (табл. 1), находим оптимальный план перевозок в виде: со склада a_1 потребителю b_1 нужно доставить $\frac{180}{4} - \frac{20}{4}\sqrt{5}$ т груза, со склада a_2 потребителю b_1 нужно доставить $\frac{345}{4} + \frac{5}{4}\sqrt{5}$ т груза, со склада a_2 потребителю b_2 нуж-

Таблица 1. Исходные данные для задачи 1

Склады	Потребители			Объем запасов, т
	b_1	b_2	b_3	
a_1	25	37	19	100
a_2	14	24	12	200
Потребности, т	150	120	80	

Таблица 2. Исходные данные для задачи 2

Поставщики материальных средств	Затраты c_{ij}				Наличие материальных средств
	Потр. 1	Потр. 2	Потр. 3	Потр. 4	
ПМС-1	92	122	208	386	200
ПМС-2	62	92	180	355	250
ПМС-3	73	115	200	367	390
Потребность в материальных средствах	220	240	200	220	

но доставить $\frac{455}{4} - \frac{5}{4}\sqrt{5}$ т груза, со склада a_1 потребителю b_3 нужно доставить $\frac{220}{4} + \frac{20}{4}\sqrt{5}$ т груза.

Целочисленное решение исходной задачи приведено в приложении работы [3]. Было показано, что исходная задача является открытой (несбалансированной). После преобразования ее в закрытую путем введения соответствующих фиктивных переменных было найдено оптимальное решение (минимальные транспортные расходы в виде целевой функции $F = 5954$) и оптимальный план в виде: со склада a_1 потребителю b_1 нужно доставить 32 т груза, со склада a_2 потребителю b_1 нужно доставить 90 т груза, со склада a_2 потребителю b_2 нужно доставить 110 т груза, со склада a_1 потребителю b_3 нужно доставить 66 т груза.

Задача 2. Транспортная задача с нечеткими потребностями

Для материально-технического обеспечения четырех потребителей используются три поставщика материальных средств. Потребность в них j -го потребителя равна b_j (т). Возможности получения материальных средств в i -м поставщике материальных средств равны v_i (т). Затраты на закупку единицы материальных средств в i -м поставщике и доставку ее j -му потребителю составляют c_{ij} (руб.).

Решением задачи является план перевозок материальных средств, т. е. объемы их подвоза от i -го поставщика j -му потребителю $x = \{x_{ij}\}$, ($i=\overline{1,3}$); ($j=\overline{1,4}$).

Необходимо определить такой план перевозок материальных средств, при котором обеспечивались бы достаточные экономическая эффективность и полнота их доставки.

Исходные данные (значения коэффициентов целевой функции и правых частей ограничений) приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, для удовлетворения всех потребностей в полном объеме запасов не хватает, поэтому потребности рассматриваются как нечетко заданные.

Модель с учетом данных табл. 2 принимает вид

$$\left\{ \begin{aligned} &92x_{11} + 122x_{12} + 208x_{13} + 386x_{14} + \\ &+ 62x_{21} + 92x_{22} + 180x_{23} + 355x_{24} + \\ &+ 73x_{31} + 115x_{32} + 200x_{33} + 367x_{34} \rightarrow \min, \\ &x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} \leq 200, \\ &x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} \leq 250, \\ &x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} \leq 390, \\ &x_{11} + x_{21} + x_{31} \geq 220, \\ &x_{12} + x_{22} + x_{32} \geq 240, \\ &x_{13} + x_{23} + x_{33} \geq 200, \\ &x_{14} + x_{24} + x_{34} \geq 220, \\ &x_{11} \geq 0, x_{12} \geq 0, x_{13} \geq 0, x_{14} \geq 0, \\ &x_{21} \geq 0, x_{22} \geq 0, x_{23} \geq 0, x_{24} \geq 0, \\ &x_{31} \geq 0, x_{32} \geq 0, x_{33} \geq 0, x_{34} \geq 0. \end{aligned} \right. \quad (2)$$

Найдем решение сначала классическими методами. Исходная задача остается открытой (несбалансированной). Нужно преобразовать ее в закрытую. Вводя фиктивные переменные, дополнительные ограничения для фиктивного поставщика в систему, дополнительные искусственные переменные, приведем систему к каноническому виду в форме сбалансированной транспортной задачи. Ее решение и будет являться решением исходной — открытой — задачи.

Последовательно преобразуя таблицы, найдем оптимальное решение (минимальные транспортные расходы) $F = 145\,440$ при значениях переменных, равных:

$x_{13} = 200$ (количество продукции, доставленное от поставщика № 1 к потребителю № 3);

$x_{12} = 240$ (количество продукции, доставленное от поставщика № 1 к потребителю № 2);

$x_{34} = 170$ (количество продукции, доставленное от поставщика № 3 к потребителю № 4);

$x_{44} = 40$ (количество продукции, доставленное от поставщика № 4 к потребителю № 4);

$x_{24} = 250$ (количество продукции, доставленное от поставщика № 2 к потребителю № 4);

$x_{31} = 220$ (количество продукции, доставленное от поставщика № 3 к потребителю № 1).

Однако по условию задачи потребности являются нечеткими и задаются нечеткими величинами треугольного вида:

$$\hat{b}_1 = \langle 110, 220, 300 \rangle, \hat{b}_2 = \langle 120, 240, 300 \rangle, \\ \hat{b}_3 = \langle 100, 200, 300 \rangle, \hat{b}_4 = \langle 110, 220, 300 \rangle.$$

Поэтому нужно предварительно провести дискретизацию задачи, используя разбиение треугольных чисел от левых границ до правых. И после этого применить классические алгоритмы поиска решений сбалансированных задач для каждого шага дискретизации, рассчитывая минимальные затраты на каждом шаге дискретизации.

Результаты расчетов приведены в табл. 3 и на рис. 2.

Отметим, что для обеспечения всех потребностей в полном объеме с надежностью 1 запасов не хватает, поэтому рассмотрены значения потребностей, соответствующие уровню надежности до 0,9 включительно (последняя строка табл. 3). При большем уровне надежности сумма потребностей становится больше суммы запасов, и задача перестает иметь допустимые планы.

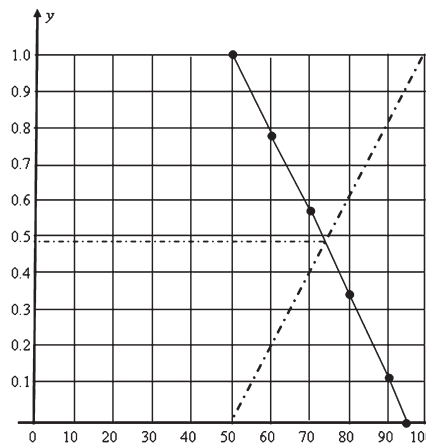


Рис. 2. Графики степени уверенности в том, что план эффективен по затратам (прямая линия – столбец 2 табл. 3) и уровню обеспечения потребителей (штрих-пунктирная линия – столбец 8 табл. 3)

Из анализа представленных на рис. 2 графиков видно, что максимальное значение уверенности в том, что план эффективен по суммарным затратам и уровню обеспечения потребителей, равно примерно 0,48. При этом уровень обеспеченности составляет 74 %, т. е. первому потребителю следует планировать поставить 163 т, второму – 178 т, третьему – 148 т, четвертому – 163 т.

Условие баланса все равно остается нарушенным. Следовательно, задача является открытой (несбалансированной). Снова введем фиктивного потребителя и опять получим закрытую модель транспортной задачи. Проведя все вычисления согласно вычислительному алгоритму, окончательно получим оптимальное решение (минимальные транспортные расходы) $F = 116\,352$ при значениях переменных, равных:

$x_{13} = 12$ (количество продукции, доставленное от поставщика № 1 к потребителю № 3);

$x_{22} = 178$ (количество продукции, доставленное от поставщика № 2 к потребителю № 2);

$x_{34} = 163$ (количество продукции, доставленное от поставщика № 3 к потребителю № 4);

$x_{23} = 72$ (количество продукции, доставленное от поставщика № 2 к потребителю № 3);

$x_{31} = 163$ (количество продукции, доставленное от поставщика № 3 к потребителю № 1);

$x_{33} = 64$ (количество продукции, доставленное от поставщика № 3 к потребителю № 3).

Задача 3. О рюкзаке с нечеткими полезностями

Этими же методами можно найти и некоторые варианты решения задачи о рюкзаке. Требуется загрузить контейнерами самолет грузоподъемностью 40 т. Они разного типа, имеют разный вес и различную ценность (полезность) для лица, принимающего решение (табл. 4).

Требуется определить, сколько контейнеров каждого типа надо погрузить в этот самолет, чтобы суммарная полезность взятых контейнеров была бы максимальной (число контейнеров каждого типа на складе не ограничено). Предполагается, что полезности контейнеров определены нечетко и задаются нечеткими треугольными числами $\langle a_i, b_i, c_i \rangle$.

Проведя необходимую дискретизацию с шагом $h = 0,1$ и вычисляя целевую функцию максимальной суммарной полезности на каждом шаге дискретизации, получим результаты в виде табл. 5. Для поиска целевой функции каждый раз решались задачи о рюкзаке с соответствующими значениями полезностей. Решение находили методом полного перебора всех допустимых планов. Для решения подобных задач можно

Таблица 3. Результаты расчетов по шагам

№ шага (k)	Надежность потребностей (нечетких чисел (b_j^k)), степень уверенности в том, что план эффективен по уровню обеспечения потребителей	Потребности потребителей				Минимальные затраты (оптимальное значение целевой функции задачи 2 при соответствующих значениях потребностей (I_k))	Надежность функции цели $(\mu_j(x^k))$ (степень уверенности в том, что план эффективен по затратам)
		№ 1 (b_1^k)	№ 2 (b_2^k)	№ 3 (b_3^k)	№ 4 (b_4^k)		
0	0,0	110	120	100	110	77 080	1,0
1	0,2	132	144	120	132	93 208	0,78
2	0,4	154	168	140	154	109 576	0,57
3	0,6	176	192	160	176	126 536	0,34
4	0,8	198	216	180	198	143 736	0,11
5	0,9	209	228	190	209	152 300	0,00

Таблица 4. Исходные данные для задачи 3

Тип контейнера (K_i)	a_i , усл. ед.	b_i , усл. ед.	e_i , усл. ед.	Масса контейнера, т
K_1	4	5	6	4
K_2	8	10	11	7
K_3	11	13	15	10
K_4	13	16	18	12
K_5	17	20	24	15

Таблица 5. Результаты промежуточных расчетов для примера с загрузкой самолета

Надежность значения полезности	Полезность контейнера типа					Максимальная суммарная полезность	Степень эффективности
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5		
0	6	11	15	18	24	63,0	1,000
0,1	5,9	10,9	14,8	17,8	23,6	62,2	0,987
0,2	5,8	10,8	14,6	17,6	23,2	61,4	0,975
0,3	5,7	10,7	14,4	17,4	22,8	60,9	0,967
0,4	5,6	10,6	14,2	17,2	22,4	59,8	0,949
0,5	5,5	10,5	14,0	17,0	22,0	59,0	0,936
0,6	5,4	10,4	13,8	16,8	21,6	58,4	0,927
0,7	5,3	10,3	13,6	16,6	21,2	57,8	0,917
0,8	5,2	10,2	13,4	16,4	20,8	57,2	0,908
0,9	5,1	10,1	13,2	16,2	20,4	56,6	0,898
1,0	5,0	10,0	13,0	16,0	20,0	56,0	0,889

использовать и методы динамического программирования.

Напомним, что при заданном значении функции принадлежности (кроме значения 1) полезность i -го груза принимает два значения: меньше и больше b_i .

Пусть план X является оптимальным вариантом загрузки при некоторых полезностях, имеющих заданную надежность, и пусть степень уверенности в его экономической эффективности при этих полезностях равна P . Степень уверенности в эффективности этого варианта при больших b_i значениях полезностей (но значениях полезностей с теми же значениями функции принадлежности) будет не меньше P . Поэтому из двух возможных значений полезности при заданной надежности мы ориентируемся на большее значение.

Анализ табл. 5 показывает, что оптимальное значение степени надежности полезности грузов и степени эффективности равно примерно 0,9. Это достигается при значениях полезностей, указанных в предпоследней строке табл. 5. При этом оптимальный план загрузки следующий: погрузить 4 единицы груза K_2 и одну единицу груза K_4 . Максимальная суммарная полез-

ность равна 56,6. Достигнута полная загрузка.

Близкие целочисленные решения этой задачи, которые можно получить классическими методами динамического программирования, дадут результаты:

- оптимальный план загрузки: погрузить 5 единиц груза K_2 и одну единицу груза K_1 . Максимальная суммарная полезность равна 55. Достигнута неполная загрузка (39 т.);
- оптимальный план загрузки: погрузить 2 единицы груза K_3 и одну единицу груза K_3 . Максимальная суммарная полезность равна 53. Достигнута полная загрузка.

Выводы

Проведенный анализ решений транспортных задач с нечеткими потребностями в случае дефицита запасов при использовании методов нахождения оптимальных решений на основе математического моделирования и эвристических подходов показал эффективность использования мягких вычислений для решения подобных задач. При этом используются классические методы оптимизации в сочетании с методами оптимизации решений на

основе нечетких множеств и нечеткой логики.

На первом этапе в качестве начального приближения применяются классические методы оптимизации, которые, в ряде случаев, могут привести и к неразрешимым ситуациям. Затем проводится дискретизация задачи, используя разбиение нечетких (интервальных) треугольных чисел от левых границ до правых. После чего применяются опять классические алгоритмы поиска решений сбалансированных задач для каждого шага дискретизации и рассчитываются оптимальные затраты на каждом шаге дискретизации.

В конце концов, определяются суммарные объемы поставок, при которых совместная потребность оказывается удовлетворенной в наибольшей степени. Вычисляется оптимальный транспортный план, обеспечивающий полученные суммарные объемы поставок и минимальные затраты.

Источники

1. Саати Т. Принятие решений. Методы анализа иерархий: пер. с англ. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
2. Черных А.К., Козлова И.В., Вилков В.Б. Вопросы прогнозирования материально-технического обеспечения с использованием нечетких математических моделей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 4 (36). С. 107–117.
3. Вилков В.Б., Черных А.К., Флегонтов А.В. Теория и практика оптимизации решений на основе нечетких множеств и нечеткой логики. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И.Герцена, 2017. 160 с.
4. Вилков В.Б., Черных А.К. Теория и практика оптимизации управленческих решений в условиях ЧС на транспорте: монография СПб.: СПб. ун-т ГПС МЧС России, 2016. 160 с.
5. Вилков В.Б., Черных А.К., Флегонтов А.В. Задачи на графах с нечетко заданными весами: моногр. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И.Герцена, 2018. 160 с.
6. Черных А., Копкин Е., Скопцов А. Прогнозирование управления перевозками в условиях чрезвычайной ситуации регионального масштаба на транспорте // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 2 (34). С. 56–65.
7. Флегонтов А.В., Вилков В.Б., Черных А.К. Моделирование задач принятия решений при нечетких исходных данных: монография СПб.: Лань, 2020. 332 с.

Культура безопасности как часть понятия «устойчивое развитие» на транспорте



И. Г. Матвеева,
канд. экон. наук,
доцент кафедры
«Международный
финансовый
и управленческий учет»
Российского университета
транспорта
(РУТ (МИИТ)),



О. В. Ефимова,
д-р экон. наук,
заместитель директора
по науке Института
экономики и финансов,
заведующая кафедрой
«Экономика, организация
производства
и менеджмент»
РУТ (МИИТ),



Ю. В. Комарова,
ведущий инженер
кафедры «Экономика,
организация производства
и менеджмент»
РУТ (МИИТ)

Для достижения 17 целей, сформулированных в резолюции Генеральной Ассамблеи ООН «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года», необходимо решить задачи в области защиты окружающей среды, социальной политики и корпоративного управления.

Устойчивое развитие (Environmental, Social, Governance — ESG) — это комплексное понятие, включающее в себя создание благоприятной социальной среды. При этом грамотное управление социальными рисками напрямую влияет на финансовые показатели компании и ее конкурентоспособность на рынке. Комплексный подход к достижению целей ESG предполагает гармоничное развитие предприятий, поскольку социальные и экологические факторы непосредственно связаны и взаимодействуют друг с другом. Например, при выбросе загрязняющих веществ в атмосферу ухудшение здоровья населения вокруг промышленных объектов — социальное явление, а сам выброс — экологическое, т. е. все взаимосвязано.

По данным Global Infrastructure Outlook, во всем мире для стимулирования экономического развития ежегодно до 2040 г. потребуется более 2 трлн долларов инвестиций в транспортную инфраструктуру.

При разработке способов преобразования и строительства транспортной

инфраструктуры: новых аэропортов и портов, железнодорожных путей, автодорог — важны защита окружающей среды, соблюдение всех принципов ESG.

Транспортный сектор — крупнейший источник парниковых газов в Европейском союзе (ЕС), на его долю приходится около 28% от общего объема выбросов. В отличие от многих других отраслей, которые постепенно сокращают загрязнение природы, на транспорте выделение в атмосферу углекислого газа растет примерно на 0,8% в метрических тоннах эквивалента ежегодно, причем наибольшая доля приходится на легковые автомобили. Если не преломить эту тенденцию, то выполнить задачи, поставленные ООН по достижению ЕС климатической нейтральности к 2050 г., будет практически невозможно.

Транспортная инфраструктура должна быть устойчивой к изменению климата, социально инклюзивной, технологически продвинутой, продуктивной и гибкой. Для ее эффективного преобразования и обеспечения долгосрочного развития необходимы правильная



организационная структура, цифровые инструменты, показатели эффективности и совместная деятельность всех заинтересованных сторон.

Программа ООН по окружающей среде предлагает такие индикаторы устойчивого развития в области транспорта:

- безопасность дорожного движения, связанная с инфраструктурой;
- рост объемов перевозок общественным транспортом;
- качество воздуха, влияющее на состояние здоровья людей и животных;
- экономный расход топлива как энергоресурса;
- новые технологии, способствующие развитию транспортных средств и инфраструктуры транспорта [1].

Наличие «Social» («S» в аббревиатуре ESG) в концепции устойчивого развития свидетельствует о важности этого показателя: насколько и каким образом компания реализует принципы устойчивого развития в области социальной защиты, обеспечения достойных и комфортных условий труда, образования, обеспечения гендерного равенства и т. д. В социальном плане устойчивая инфраструктура должна учитывать внешнее воздействие на уязвимые группы населения, сохранять культурное наследие, защищать права человека, улучшать качество жизни, повышать уровень инклюзивности и делать транспортные услуги доступными. Социальный аспект — неотъемлемый компонент устойчивого развития и ESG-повестки, затрагивающий все способы взаимодействия компании со своими сотрудниками.

Несмотря на то, что концепция ESG не является обязательной для компаний, политика устойчивого развития уже стала довольно популярной в российском бизнесе. Многие предприятия внедряют практику корпоративной социальной ответственности и реализуют социальные проекты. Наряду с этим в настоящее время в России единые требования к корпоративной социальной политике (включая таксономию социальных проектов) пока находятся в состоянии разработки.

Организационная культура компании представляет собой систему ценностей, правил поведения и других норм, которых придерживаются сотрудники для достижения стратегических целей организации. Организационную культуру следует рассматривать как фактор реализации социальных задач устойчивого развития [2].

В свою очередь, культура безопасности корпорации является одной из главных составляющих ее организационной политики, от степени развития которой в совокупности с культурой труда, системой управления бизнес-процессами, особенностями взаимодействия внутри компании и с внешними контрагентами зависит эффективность деятельности любой компании.

Культура безопасности — это результат осознания важности социальной ответственности, приоритетная цель и личная потребность при выполнении всех работ, влияющих на гарантированную безопасность перевозочного процесса [3].

Каждый руководитель должен понимать, что если работника не обеспечить современным технологичным и качественным оборудованием, инструментами, не создать условий для полноценного отдыха после работы, то в компании невозможно будет добиться достойных результатов эффективности и безопасности.

Ключевым аспектом культуры безопасности на транспорте является приоритет обеспечения безопасности над экономической эффективностью процесса перевозок, что соответствует устойчивому развитию, а именно принципу развития без разрушения.

Транспортная инфраструктура является общественным благом и должна способствовать улучшению жизни людей. В современном мире цифровые технологии становятся частью культуры безопасности, их применение снижает травматизм, обеспечивает более быстрое принятие управленческих решений в нестандартных ситуациях. Они имеют решающее значение для перехода транспортной инфраструктуры во всех ее формах к большей устойчивости.

На железнодорожном транспорте внедрение передовых систем управления поездами, которые используют беспроводную связь, позволяет предупредить аварийные ситуации, травматизм, сократить капитальные затраты и расходы на техническое обслуживание.

Цифровые приложения, в том числе оптимизированное определение последовательности движения, интеллектуальные измерения и энергетические решения могут сократить выбросы углекислого газа в аэропортах, а применение цифровых технологий в морских перевозках (включая облачные технологии, современное программное обеспечение для оптимизации планирования

и маршрутизации грузов, внедрение биотоплива) способствует сокращению выделения вредных веществ и в этом секторе [4].

В отношении автомобильного транспорта отказ от бензинового и дизельного топлива, переход на электромобили, установка зарядной инфраструктуры для них является одним из наиболее эффективных решений на дорогах и автомагистралях, позволяющих улучшить их экологический след.

Другие современные цифровые проекты, такие как «умное» обслуживание, т. е. оптимизация содержания дорог посредством анализа пропускной способности, позволяют уменьшать пробки, что приводит к сокращению выбросов углекислого газа в городах и населенных пунктах, к другим экологическим, социальным и экономическим выгодам. Все эти предложения являются частью политики устойчивого развития.

Блок социального аспекта политики ESG направлен на все, что связано с человеческими ресурсами в области управления персоналом, когда необходимо сделать упор на культуру безопасности. К этому можно отнести положения по развитию охраны труда и окружающей среды, пожарной безопасности, т. е. все факторы, которые и должны быть в ESG. Эти направления находят отражение в рамках российского бизнеса.

Приоритетные задачи для участников транспортного рынка [5]:

- переход от компенсационного сценария возмещения потерь здоровья работниками к предупредительному сценарию, при котором минимизируются воздействие вредных и опасных факторов, производственные риски;
- максимальное исключение присутствия работников в зонах повышенной опасности и возможного травматизма на объектах различных видов транспорта.

Кроме того, необходимо следить за психологическим здоровьем работников, т. е. снижением стрессовых факторов.

Охрана труда является одной из основных частей ESG. В компаниях транспортного сектора экономики следует уделять особое внимание сокращению рисков при нарушении правил безопасности работы, включая деятельность сотрудников, обязанности которых связаны с движением транспортных средств. Необходимо строго следить за соблюдением режима труда и отдыха работников.

Реализация сквозных технологий цепочек создания добавленной стоимости с использованием различных видов транспорта, их технологическая интеграция предусматривает расширение экосистемы безопасности движения на рабочие зоны интеграции в мультимодальных перевозках. Необходимо сформировать общие принципы культуры безопасности для работников единой транспортной системы с учетом особенностей технологических процессов разных видов транспорта [3].

В начале 2017 г. Британский институт безопасности и гигиены труда (Institution of Occupational Safety and Health, IOSH) совместно с Международной ассоциацией социальной ответственности (International Social Security Association, ISSA) озаботились культурой безопасности в части охраны труда и снижением травматизма на разных видах транспорта и разработали концепцию «Нулевой травматизм». Она основана на убеждении, что несчастные случаи на производстве, травмы и профессиональные заболевания не являются неизбежными. У них всегда есть причины, которые благодаря формированию активной культуры профилактики можно устранить, а их последствия — предотвратить. В декабре 2017 г. Министерство труда и социальной защиты России стало официальным партнером ISSA по продвижению концепции «Нулевой травматизм» на территории Российской Федерации.

ISSA разработала семь правил, на которых базируется философия Vision Zero:

1. Стать лидером — показать приверженность принципам.
2. Выявлять угрозы — контролировать риски.
3. Определять цели — разрабатывать программы.
4. Создать систему безопасности и гигиены труда — достичь высокого уровня развития организации.
5. Обеспечивать безопасность и гигиену труда на рабочих местах при работе со станками и оборудованием.
6. Повышать квалификацию — развивать профессиональные навыки.
7. Инвестировать в кадры — мотивировать посредством вовлеченности.

Ведущие международные корпорации уже давно сделали безопасность одним из своих главных приоритетов и определили ключевой целью «ноль», т.е. обеспечение профилактики несчастных случаев и отсутствия смертельных исходов.

ОАО «РЖД» является участником международного движения Vision Zero по продвижению концепции «Нулевой травматизм». Это качественно новый подход к организации системы управления охраной труда на предприятии. В его основе лежит осознанная деятельность всех участников производственного процесса сверху донизу с целью предотвращения любых несчастных случаев на производстве [6].

Повышение уровня безопасности напрямую связано не только с используемой техникой и совершенствованием технологий, но и отношением работников и руководителей к работе. В области охраны труда ОАО «РЖД» проводит обучение персонала, подготовку руководящих кадров: при назначении на должность руководителей проводится тестирование и проверка знаний требований по охране труда.

Кадровые службы для повышения культуры безопасности проводят мероприятия по повышению самостоятельности сотрудников в регулировании своего труда. Главное в формировании культуры безопасности — это ответственность, которая зависит от каждого.

Культура безопасности зависит не только от инструкций и правил, но и от поведения людей, от того, как они применяют на рабочем месте формальные и неформальные нормы, принятые в компании. Необходимо не только осознавать, что есть формальные и неформальные правила в сфере производственной безопасности, но и реально использовать их в своей ежедневной работе. Даже самое незначительное отклонение от норм может привести к печальным последствиям.

Для повышения культуры безопасности в компании необходимо выделить основные факторы, которые могут наносить наибольший вред жизни и здоровью сотрудников, а также влиять на эффективность производственных процессов. По результатам анализа этих факторов следует разработать стратегию, которая базируется на ключевых показателях эффективности с последующим воздействием на самые опасные, угрожающие жизни факторы риска [7].

Кроме того, необходим грамотный внешний аудит уровня культуры безопасности. Основываясь на полученных данных, важно сформировать краткосрочную и долгосрочную стратегии развития культуры безопасности, интегрированные в бизнес-процессы, и разработать необходимые управленческие решения для дальнейшего развития компании.

Таким образом, культура безопасности является важнейшим элементом в достижении целей политики ESG в части социального развития компаний. Цифровые технологии и культура безопасности связаны и оказывают влияние друг на друга.

Результативность деятельности компании по формированию культуры безопасности проявляется в снижении количества случаев нарушения безопасности движения и рисков отступления от технологической дисциплины.

Развитие культуры безопасности, решение задач в области охраны труда и улучшения социальных условий сотрудников, формирование личностного компонента культуры безопасности позволяют решить задачи социальной сферы для достижения целей устойчивого развития. ■

Источники

1. Лукша В. А., Молокович А. Д. Транспорт в системе целей устойчивого развития // Бизнес. Инновации. Экономика: сб. науч. ст. / Ин-т бизнеса БГУ. Минск, 2020. Вып. 4. С. 172–177.
2. Ефимова О. В., Комарова Ю. В. Культура безопасности как элемент организационной культуры транспортных компаний // Мир транспорта. 2019. Т. 17, № 3 (82). С. 234–245.
3. Ефимова О. В., Акимов А. В., Бабошин Е. Б. и др. ESG-повестка на транспорте в современных условиях: опыт России и Китая / под ред. О. В. Ефимовой, А. Н. Стеблянской. М.: Прометей, 2023.
4. Ефимова О. В., Комарова Ю. В. Развитие культуры безопасности в интеграции с цифровой культурой // Автоматика, связь, информатика. 2021. № 3. С. 14–16.
5. Юдин Н. О. Транснациональные компании как актор социально-гуманитарной сферы мировой политики: дисс. ... к. полит. н. МГИМО. М., 2021. 236 с.
6. Отчет ОАО «РЖД» о деятельности в области устойчивого развития за 2021 год // Российские железные дороги: [официальный сайт]. URL: <https://sr2021.rzd.ru/ru> (дата обращения 11.09.2023).
7. Дертинов Р. Высокая культура безопасности невозможна без заботы о каждом сотруднике как о члене семьи, а об экологии — как о собственном саде // Business Excellence. Ноябрь 2021. URL: <https://ria-stk.ru/ds/adetail.php?ID=204405> (дата обращения 11.09.2023).

Временный железнодорожный путь оперативного развертывания на неподготовленном основании



А. А. Локтев,
д-р физ.-мат. наук,
заведующий кафедрой
«Транспортное
строительство»
Российского университета
транспорта
(РУТ) (МИИТ),



А. В. Сычева,
канд. техн. наук,
доцент кафедры
«Здания и сооружения
на транспорте»
РУТ (МИИТ),



В. П. Сычев,
д-р техн. наук,
профессор кафедры
«Транспортное
строительство»
РУТ (МИИТ)

В чрезвычайных ситуациях и во время специальных военных операций возникает необходимость в оперативной доставке груза по временному железнодорожному пути. В связи с этим ставится задача разработать конструкцию пути для его укладки на неподготовленную поверхность. Ее решение позволит реализовать также транспортировку в сложных климатических условиях, например Арктики.

Традиционная конструкция железнодорожного пути состоит, как известно, из земляного полотна и верхнего строения пути, содержащего балласт, на который уложены подрельсовые основания в виде шпал с закрепленными на них рельсами. Укладка такого пути при ограниченном времени представляет большую сложность, а в условиях чрезвычайных ситуаций практически неприменима.

Требуется создать комплект модулей рельсовых нитей для их оперативной укладки преимущественно вручную на неподготовленную поверхность. Модуль состоит из мерного рельса и подрельсового основания. Размеры рельса должны обеспечивать его транспортировку и укладку вручную, а подрельсовое основание — возможность регулирования уровня рельсовой нити.

Теоретическое решение задачи основано на включении в подрельсовое основание вязкоупругого элемента типа Максвелла и Клейвина-Фогта [1, 2], который обеспечивает рассеивание механической энергии от возникающей нагрузки на путь [3]. С этой целью формируется конструкция подрельсового основания из короба, в который укладывается оболочка, наполняемая жидкостью Ньютона. Требуется выбрать параметры упругости и вязкости таким образом, чтобы деформации этих элементов пути совпадали, а за счет увеличения объема вязкого элемента можно было бы регулировать высоту рельсовой нити.

Традиционная конструкция рассчитывается на прочность с учетом, что железнодорожный путь есть система последовательно соединенных элементов и опор в виде упругого скелета, изготовленных из разных материалов

с различными модулями упругости, коэффициентом Пуассона и плотностью материала [4].

Жесткость Собщ конструкции железнодорожного пути рассчитывается как

$$C_i = (Q_{1max} - Q_{2max}) / (Y_{1max} - Y_{2max}), \quad (1)$$

где Q_{1max} , Q_{2max} , Y_{1max} и Y_{2max} — максимальные значения распределенной нагрузки и максимальный прогиб от действия первой и второй колесной пары вагона соответственно.

Для решения поставленной задачи предлагается конструкция подрельсового основания, содержащая вязкий элемент типа оболочки, наполняемой жидкостью Ньютона.

Если рассматривать динамическое поведение верхнего строения пути, то можно использовать уравнение колебаний в виде

$$M\ddot{z} + C\dot{z} + Kz = P(t), \quad (2)$$

где z — вектор обобщенных перемещений; производные по времени первого и второго порядка обозначают обобщенные скорости и ускорения точек конструкции верхнего строения пути соответственно;

M , C , K — матрицы, учитывающие массу, демпфирование и жесткость элементов соответственно; $P(t)$ — вектор внешних сил, которые учитывают изменение прикладываемой нагрузки от подвижного состава во времени.

Уравнение (2) получено для неконсервативной системы со множеством степеней свободы, исходя из предположения малости вынужденных колебаний, т. е. фактически рассматривается система из множества узловых точек, к каждой из которых приложена своя внешняя сила $P_i(t)$, где i — номер узловой точки (рис. 1).

Решая уравнения типа (2) с учетом начальных и граничных условий и усло-

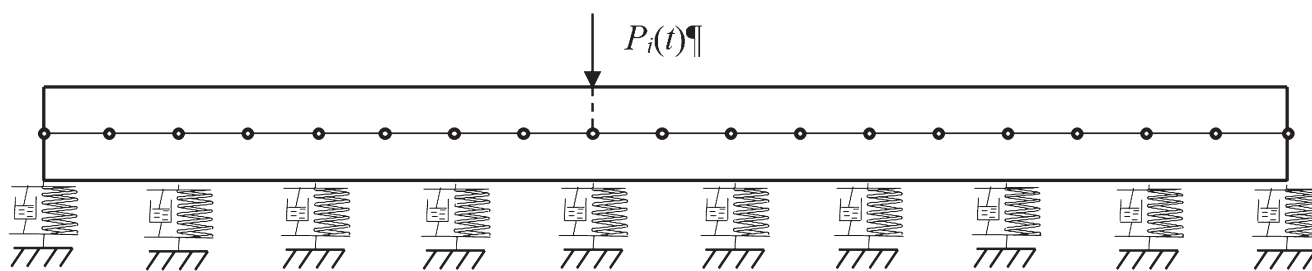


Рис. 1. Расчетная схема верхнего строения железнодорожного пути с изменяющимися параметрами жесткости в виде совокупности узловых точек

вий приложения нагрузки, можно определить перемещения искоемых точек конструкции, что позволит описать динамическое поведение верхнего строения пути в предположении его вязкоупругого деформирования. Это в целом соответствует наблюдениям за эксплуатацией реальных сооружений без значительных дефектов в пределах нормативных нагрузок.

Фактически соотношение (2) представляет собой конечно-элементное приближение континуальной модели реальной строительной конструкции объекта транспортной инфраструктуры. При переходе от непрерывного времени к дискретному набору временных интервалов требуется учитывать шумовые эффекты, появляющиеся от дополнительных источников возможной нагрузки (температурные и аэродинамические воздействия, торможение состава, эксплуатационные и технологические дефекты, неточности монтажа, изменения первоначальных расчетных схем и т. д.). Перечисленные факторы необходимо учитывать при натурных экспериментах и при определении массо-жесткостных характеристик, входящих в определяющие матрицы характеристик уравнения (2).

В простейшем случае изменение прогиба имеет вид синусоиды, период которой определяется скоростью движения подвижного состава. Контактная сила колесо-рельс, динамический прогиб рельсошпальной решетки, ускорение точек рельса будут в этом случае зависеть от показателей вязкости рабочей среды элемента, содержащего жидкость Ньютона, что позволяет решить задачу оперативного регулирования жесткости пути без демонтажа его элементов за счет изменения вязких свойств [5].

Предварительные расчеты показали, что длина пути, собираемого из модулей, оптимально кратна 100 метрам, а скорость перемещения по собранному из модулей пути составляет не более 15 км/ч.

Практическое решение задачи заключается в создании модуля рельсовой нити, состоящего из мерного рельса и подрельсового основания с эластичной оболочкой. Мерный рельс — стандартный в сечении, состоящий из головки, шейки и подошвы, длиной 4 или 6 м, чтобы военнослужащие могли вручную переносить и укладывать его на неподготовленную поверхность подрельсового основания [6].

К подошве рельса крепится подкладка шире ее или же рельс должен быть изготовлен с подошвой шире стандартной. В продольном профиле прокладка не должна выступать за конец мерного рельса, чтобы не препятствовать соединению рельсов встык. Для удобства укладки рельса на его шейке по краям крепят захваты-ручки. Также можно изготовить подошву рельса нестандартного размера со сквозными отверстиями для соединения с подрельсовой опорой. Способ оперативного развертывания железнодорожного пути запатентован [7].

Упрощенная схема подрельсового устройства приведена на рис. 2 [8, 9]. Стойки 1 короба 2 устанавливаются на неподготовленную поверхность, короб крепится во избежание смещения. В него укладывается оболочка 6, наполняемая жидкостью Ньютона, на нее — мерный рельс 5 с подкладкой 4 или увеличенной подошвой. Оболочка наполняется через отверстия 3. Регулируя давление в оболочке, устанавливают уровень рельсов.

Рельсы в стыках могут крепиться разными способами, например, традиционными накладками, скрепленными

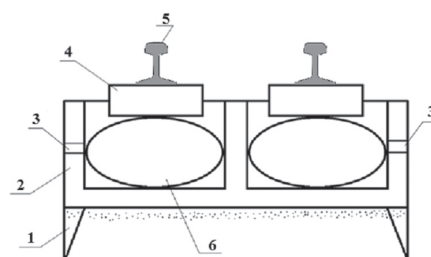


Рис. 2. Упрощенная схема подрельсового устройства

ми болтами через сквозные отверстия в шейке рельса. Взамен этого крепления или дополнительно к нему для повышения устойчивости и надежности работы пути допускается соединить подкладки рельсов с помощью накладок или же изготовить подкладки с гребнем типа фланца на торцевой стене, совпадающей в сечении с торцом рельса.

В подкладке имеются эллипсоидные отверстия для ее крепления к опоре. На рис. 3 приведена схема модуля рельсовой нити временного железнодорожного пути оперативного развертывания [10]. Подрельсовое устройство 2 с оболочкой 3, регулирующей размещение рельса 5 по высоте, устанавливается на балласт 1 непосредственно под конец рельса или через прокладку 4 после укладки рельса на опоры подрельсовых оснований во избежание сверхнормативного прогиба от подвижного состава. Причем промежуточной опорой 6 может служить любая плита, набор плит или облегченная шпала.

Технология оперативной укладки железнодорожного пути с помощью мерного рельса заключается в следующем. На неподготовленную естественную или искусственную опору укладываются подрельсовые вязкоупругие устройства таким образом, что по меньшей мере два из них размещены на расстоянии друг от друга, равном длине мерного рельса, который укладывается непосредственно на опоры через опорные подкладки или через промежуточные съемные подкладки, корректирующие положение рельса. Встык до соприкосновения торцов рельса с опорной подкладкой укладывается второй рельс. Оба рельса соединяются накладками на шейке и/или накладками, укладываемыми на подкладки с помощью крепежных стержней [11].

Рабочий ход оболочки, выполняющей функцию домкрата, должен быть не меньше, чем диапазон перемещения рельса от минимально до максимально возможных положений плиты, а именно

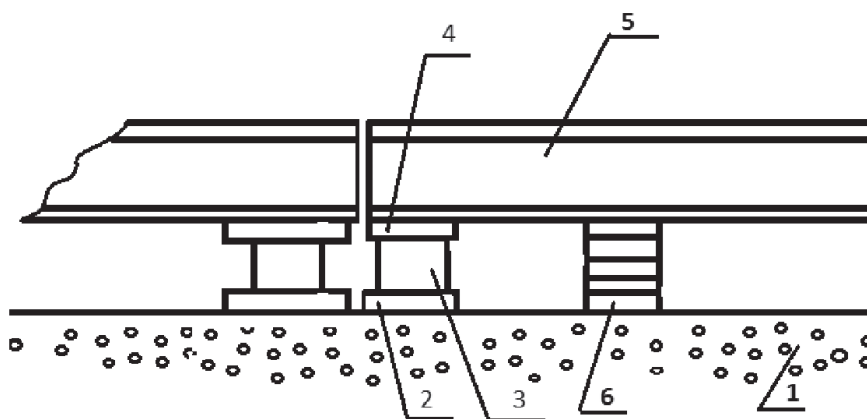


Рис. 3. Модуль рельсовой нити временного железнодорожного пути оперативного развертывания

толщины подошвы рельса и высоты его шейки. Торцевые стены короба выполнены с вырезом по ширине подошвы рельсов. Секции короба разделены перегородкой.

Для повышения устойчивости конструкции железнодорожного пути подрельсовые основания связываются соединяющими элементами, например балками. Оболочка выполнена с упрочняющими поясами, концы которых выступают за ее габарит и содержат сквозные отверстия. Она может быть выполнена со множеством внутренних оболочек, по отношению к которым будет являться внешней.

Причем внутренние оболочки будут выполнены из эластичного материала, раздуваемого под давлением, а внешняя — из износостойкого, например резинокордового. Внутренние оболочки связаны с источником наполнителя и атмосферой штуцером, клапаном, резьбовыми втулками, оборудованными на внешней поверхности, соединены системой рукавов, в частности пожарных, и выполняются тороидальными.

Нижняя часть поверхности внешней оболочки выполнена в виде протектора, что позволяет дополнительно усиливать сопротивление ее перемещению в горизонтальной плоскости. Верхнюю часть поверхности внешней оболочки следует оборудовать грузонесущей площадкой. Предпочтительно, чтобы длина внутренней оболочки была больше ее ширины, что позволит повысить эффективность работы при подъеме рельса. Нижняя прокладка (между оболочкой и опорой) и верхняя (между оболочкой и рельсом) выполнены в виде плит или балок.

Таким образом, технология оперативной укладки рельсовой нити и ее доведения до нормативных значений по уровню заключается в том, что на опору

под рельс непосредственно или через прокладки укладывается оболочка, наполняется наполнителем, приподнимая рельс до заданного уровня, и фиксируется. После укладки организуется временное движение по участку, по окончании необходимости в нем путь разбирается.

Преимущества предлагаемой конструкции подрельсового устройства и технологии формирования временно го пути:

- простота и дешевизна конструкции;
- нет необходимости возводить земляное полотно, выгружать балласт;
- не нужна специальная квалификация рабочих;
- многоразовое использование;
- оперативная укладка.

Использование предлагаемой конструкции и технологии позволит обеспечить:

- скрытую оперативную доставку ракетного комплекса от магистральной железной дороги вглубь территории на несколько километров без перегруза с одного транспортного средства на другое, а также эшелона, например, от разбомбленного моста до ближайшей понтонной переправы;
- оперативное формирование железнодорожного пути в условиях чрезвычайных ситуаций, на Крайнем севере, а также в качестве инвентарного пути при ремонте основного.

Источники

1. Кристенсен Р. Введение в теорию вязкоупругости. М.: Мир, 1974. 338 с.
2. Локтев А. А., Сычева А. В., Запольнова Е. В. и др. Исследование особенностей динамической реакции верхнего строения железнодорожного пути от подвижного состава на основе модели трансверсально-изотропной пластины

на деформируемом основании // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2018. № 2. С. 55–65.

3. Сычева А. В. Определение динамических характеристик взаимодействия колеса и рельса железнодорожного пути оперативного развертывания // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. 2023. Т. 19. С. 41–47.
4. Виноградов В. В., Никонов А. М., Яковлева Т. Г. и др. Расчеты и проектирование железнодорожного пути / под ред. В. В. Виноградова, А. М. Никонова: учеб. пособие для студентов вузов ж.-д. трансп. М.: Маршрут, 2003. 486 с.
5. Локтев А. А., Сычева А. В., Сычев В. П. Решение задачи равенства деформаций вязких и упругих элементов подрельсового основания железнодорожного пути // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. 2022. Т. 18. С. 62–71.
6. Сычев В. П. Мерный рельс для оперативного развертывания железнодорожного пути. Пат. на полезную модель 213540; заявка от 06.06.2022 № 2022115213; опубл. 15.09.2022. Бюл. № 26.
7. Сычева А. В. Способ оперативного развертывания железнодорожного пути и устройство подрельсового основания. Пат. на изобретение № 2750544; заявка от 29.09.2020 № 2020132129; опубл. 26.06.2021. Бюл. № 19.
8. Сычев В. П., Локтев А. А., Сычева А. В. и др. Подрельсовое устройство железнодорожного пути и способ укладки по меньшей мере одного подрельсового устройства железнодорожного пути. Пат. на изобретение № 2746554; заявка от 22.07.2020 № 2020124286; опубл. 15.04.2021. Бюл. № 11.
9. Сычев В. П., Локтев А. А., Сычева А. В. и др. Железнодорожный путь оперативного развертывания и способ регулирования рельсовой нити по уровню и в плане. Пат. на изобретение № 2785239; заявка от 27.04.2022 № 202211528; опубл. 05.12.2022. Бюл. № 34.
10. Модуль рельсовой колеи и способ его оперативной укладки. Пат. на изобретение № 2783010; заявка от 25.05.2022 № 2022114221; опубл. 08.11.2022. Бюл. № 31.
11. Сычева А. В., Локтев А. А., Сычев В. П. и др. Оперативное развертывание железнодорожного пути в особых условиях // Путь и путевое хозяйство. 2022. № 12. С. 20–22.

Оценка устойчивости скоростной тележки грузового вагона и выбор жесткости поперечной связи боковых рам



Э. Хамраева,
аспирант кафедры
«Вагоны и вагонное
хозяйство»
Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I (ПГУПС)



Ю. П. Бороненко,
д-р техн. наук,
заведующий кафедрой
«Вагоны и вагонное
хозяйство» ПГУПС

Для усовершенствования скоростной тележки грузовых вагонов необходимо повысить ее динамические качества. Дополнительная связь боковых рам между собой за счет поперечных шарнирных балок, предложенная АО «РМ Рейл Инжиниринг» [1], уменьшает перекосящие моменты относительно пути, исключая забегание боковых рам относительно друг друга [2].

На рис. 1 представлено размещение поперечных балок на тележке. Поперечные балки 2 крепятся болтовыми соединениями к боковым рамам и связываются между собой упругими резинометаллическими шарнирами.

Шарнир поперечной балки представляет собой сборную конструкцию с креплением упругой втулки к арматуре под действием сил трения при запрессовке упругого элемента в металлическую обойму. Расчетная схема шарнира представлена на рис. 2 [3].

Для определения параметров упругой втулки проведен расчет для вариантов поперечной связи, обеспечивающих жесткость на сдвиг в горизонтальной плоскости:

- 1) 2,5 МН/м;
- 2) 5 МН/м;

3) 10 МН/м.

Основные характеристики упругой втулки, необходимые для обеспечения соответствующих жесткостей, представлены в табл. 1.

Радиальная жесткость шарнира определяется по формуле

$$C = \frac{3\pi Gl}{2\left(\frac{r_2 - r_1}{r_2 + r_1}\right)^2}, \quad (1)$$

где r_1 — радиус отверстия втулки;

r_2 — радиус втулки;

l — длина втулки;

G — упругий модуль сдвига материала втулки.

Осевая жесткость определяется по формуле

$$C = \frac{2\pi Gl}{\ln \frac{r_2}{r_1}}. \quad (2)$$

Результаты расчета радиальной и осевой жесткости шарнира для трех

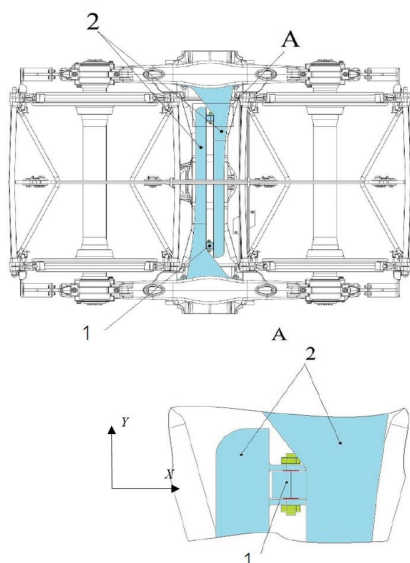


Рис. 1. Размещение шарнирных балок на тележке:
1 — упругие втулки, 2 — поперечные балки

Таблица 1. Основные характеристики упругой втулки

Параметр	2,5 МН/м	5 МН/м	10 МН/м
Радиус отверстия втулки r_1 , мм	10	14	20
Радиус втулки r_2 , мм	37	30	35
Длина втулки l , мм	70	56	70
Число твердости по Шору [4] h	70		

Таблица 2. Результаты расчета жесткостей шарнира, кН/м

Параметр	2,5 МН/м	5 МН/м	10 МН/м
Радиальная жесткость c	1263,15	2521,98	5604,41
Осевая жесткость c	424,82	583,42	993,20

Таблица 3. Результаты расчета жесткостей шарнира

Параметр	2,5 МН/м	5 МН/м	10 МН/м
Радиальное перемещение Δr , мм	1,65	0,62	0,24
Осевая податливость Δo , мм	8,47	4,01	2,85
Радиальная деформация Δr max, %	6,10	3,85	1,58
Осевая деформация Δo max, %	12,11	7,16	4,07

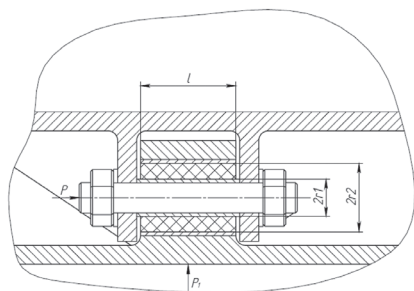


Рис. 2. Расчетная схема шарнира

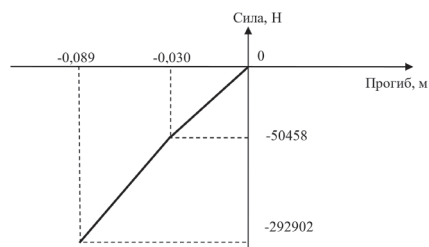


Рис. 3. Вертикальная силовая характеристика пружин, расположенных под наддрессорной балкой

вариантов исполнения представлены в табл. 2.

Радиальные и осевые перемещения, полученные в результате приложения максимальных сил, действующих на упругую втулку в трех вариантах исполнения, представлены в табл. 3.

Оценка устойчивости скоростной тележки выполнялась для четырех вариантов исполнения:

- 1) с дополнительной связью боковых рам при помощи поперечных шарнирных балок, обеспечивающих жесткость на сдвиг в горизонтальной плоскости 2,5 МН/м;
- 2) с дополнительной связью боковых рам при помощи поперечных шарнирных балок, обеспечивающих жесткость на сдвиг в горизонтальной плоскости 5 МН/м;
- 3) с дополнительной связью боковых рам при помощи поперечных шарнирных балок, обеспечивающих жесткость на сдвиг в горизонтальной плоскости 10 МН/м;
- 4) без дополнительной связи.

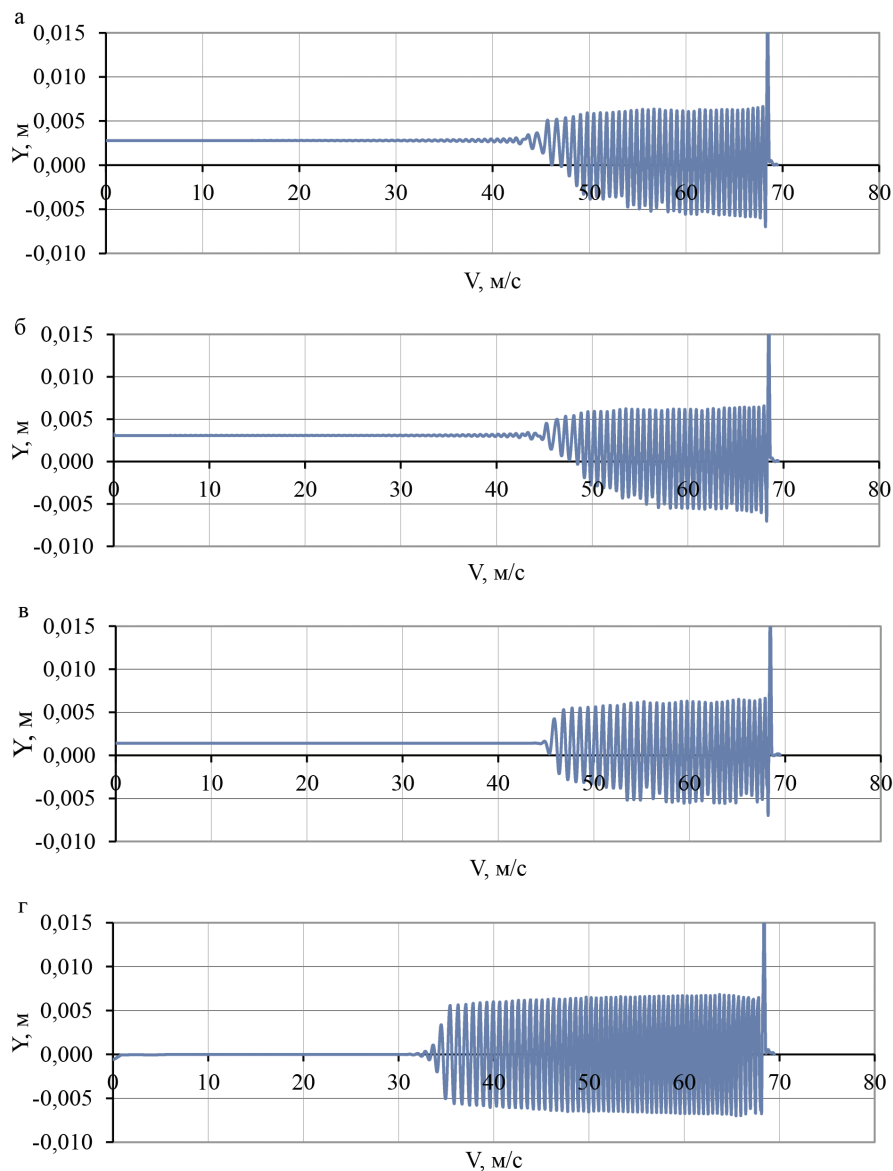


Рис. 4. Графики зависимости поперечных колебаний КП от скорости продольного движения тележки:

а) при жесткости дополнительной связи 2,5 МН/м; б) при жесткости дополнительной связи 5 МН/м; в) при жесткости дополнительной связи 10 МН/м; г) без дополнительной связи

Расчет устойчивости тележки с конструкционной скоростью 140 км/ч прово-

дился методом цифрового моделирования в программном комплексе «Универсальный механизм» [6, 7]. В качестве ба-

Таблица 4. Параметры подвешивания исследуемой тележки, МН/м

Параметр	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Жесткость поперечной связи боковых рам	2,5	5	10	–
Пружины центрального подвешивания, расположенные под наддрессорной балкой (на сторону)				
Жесткость в продольном и поперечном направлениях	См. рис. 3			
Жесткость в вертикальном направлении	0,89			
Угловая жесткость на поворот вокруг продольной/поперечной оси	0,19			
Угловая жесткость на поворот наддрессорной балки при «забегании» боковых рам	1,40...5,00			
Пружины центрального подвешивания, расположенные под клином				
Жесткость в продольном и поперечном направлении	0,110			
Жесткость в вертикальном направлении	0,209			

зового принят кузов вагона-паллетовоза с расстоянием между центрами опор кузова 19 м. Параметры подвешивания исследуемой тележки приведены в табл. 4.

Устойчивость тележки определялась по графикам при снижении скорости с 250 км/ч на 5 км/ч за 1 секунду расчетного времени при первоначальном отклонении первой по ходу движения колесной пары вследствие силового воздействия на нее в поперечном направлении.

Графики зависимости поперечных колебаний колесной пары от скорости продольного движения тележки представлены на рис. 4.

Результаты моделирования показали, что введение дополнительной упругой связи боковых рам между собой позволило увеличить скорость потери устойчивости:

- при жесткости поперечной связи 2,5 МН/м — до 151 км/ч;
- при жесткости поперечной связи 5 МН/м — до 158 км/ч;
- при жесткости поперечной связи 10 МН/м — до 160 км/ч;
- без дополнительной связи — 119 км/ч.

Таким образом, поперечная связь боковых рам скоростной тележки грузового вагона должна обеспечивать жесткость на сдвиг в горизонтальной плоскости не менее 5 МН/м.

По требованиям надежности [5], в соответствии с которыми деформации шарнира не должны превышать 10 %, вариант исполнения поперечной балки жесткостью 2,5 МН/м не допускается.

Для поперечной связи боковых рам рекомендуется использовать шарнир с резиновой втулкой с твердостью по Шору 70 ед. и наружном радиусом 30–35 мм, внутренним радиусом 14–20 мм, длиной 56–70 мм. T

Источники

1. Пат. на полезную модель № 214974 U1 РФ, МПК B61F 3/08, B61F 5/52. Двухосная тележка для скоростного грузового вагона: № 2022128627: заявл. 03.11.2022: опубл. 23.11.2022 / А.В. Маненков, А.В. Григорьев; заявитель Акционерное общество «Рузаевский завод химического машиностроения». EDN VXHPGD.
2. Петров Г. И., Черняев М.А., Мещеря-

ков М.А. Модернизация грузовых тележек: установка поперечной связи // Мир транспорта. 2015. № 13 (5). С. 58–62.

3. Потураев В. Н., Дырда В.И. Резиновые детали машин. М.: Машиностроение, 1977. 216 с.
4. ТУ 2500–295–00152106–93. Изделия резиновые технические для подвижного состава железных дорог и требования к резинам, применяемым для их изготовления.
5. Бороненко Ю. П., Орлова А. М., Рудкова Е.А. Проектирование ходовых частей вагонов. Ч. 1. Проектирование рессорного подвешивания двухосных тележек грузовых вагонов: Учеб. пособие. СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2003. 74 с.
6. Саидова А. В., Житков Ю.Б. Современные методы моделирования динамики подвижного состава: учеб. пособие. СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2022. 52 с.
7. Универсальный механизм. Программы, руководство пользователя, презентации. URL: <http://www.universalmechanism.com/pages/index.php?id=3> (дата обращения 20.07.2023).

Общероссийская общественная организация

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА – В ЦИФРАХ

Членами
Академии
за 2021–2023 год:

ПРОВЕДЕНО БОЛЕЕ 150 МЕРОПРИЯТИЙ
(В ТОМ ЧИСЛЕ ОНЛАЙН КОНФЕРЕНЦИЙ)

ОПУБЛИКОВАНО БОЛЕЕ 1000 ПУБЛИКАЦИЙ
И МОНОГРАФИЙ В РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ ИЗДАНИЯХ

БОЛЕЕ 3500 СПЕЦИАЛИСТАМ В ОБЛАСТИ ТРАНСПОРТА
И ТРАНСПОРТНОЙ НАУКИ РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА
ОПЛАТИЛА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
ПО АКТУАЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ ОБУЧЕНИЯ

ЗАПУЩЕНА ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА РАТ

ПРОВЕДЕНО 4 КРУПНЫХ ОБЩЕАКАДЕМИЧЕСКИХ
МЕРОПРИЯТИЙ, В Т. Ч. КОНФЕРЕНЦИЯ
«РОЛЬ НАУКИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
УСТОЙЧИВОСТИ ТРАНСПОРТА» В РАМКАХ XVI
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
И ВЫСТАВКА «ТРАНСПОРТ РОССИИ – 2022»

ПРИНЯТО 60 ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ЧЛЕНА,
СОЗДАНО 4 НОВЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ
ТЕРРИТОРИЯ ПРИСУТСТВИЯ РАТ – 47 РЕГИОНОВ

САЙТ И НОВОСТНЫЕ ПОРТАЛЫ АКАДЕМИИ
ПОСЕЩАЕТ БОЛЕЕ 3500 ЧЕЛОВЕК ЕЖЕДНЕВНО.



Расчетная схема надежности тормозной системы грузового вагона



В. Ф. Куликов,
заведующий кафедрой
заочного обучения
Волгоградского техникума
железнодорожного
транспорта — филиала
Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I, аспирант
кафедры «Вагоны
и вагонное хозяйство»
ПГУПС

Общая безопасность железнодорожного транспорта во многом зависит от безопасной эксплуатации грузовых вагонов. В связи с этим важно повышать надежность работы такого важного узла подвижного состава, как тормозная система.

Одной из наиболее часто встречающихся неисправностей грузовых вагонов является отказ тормозной системы (ТС). Так, за 2022 г. работники постов безопасности Северной железной дороги (СЖД) выявили 6385 неисправностей подвижного состава, из которых отказы ТС зафиксированы в 3587 вагонах (56%) [1].

Цель настоящей работы — собрать сведения о видах и причинах отказов ТС вагонов по СЖД на примере Эксплуатационного вагонного депо Лоста (ВЧДЭ-7), сопоставить эти данные с ин-

формацией по отказам ТС по всей сети железных дорог ОАО «РЖД» и построить расчетную схему надежности элементов тормозной системы.

В зависимости от длительности наблюдения за участком железной дороги и времени года процент того или иного вида отказа в общем количестве отказов может меняться. В табл. 1 приведены данные по частоте возникновения отказов ТС грузовых вагонов по всей сети РЖД за 2022 г. [2] и I квартал 2019 г. [3], а также по Северной железной дороге за 10 месяцев 2020 г. [4] и 2022 г. При этом использовались данные Комплексной автоматизированной системы учета, контроля устранения отказов технических средств и анализа их надежности (КАСАНТ) по ВЧДЭ-7.

Из табл. 1 видно, что доля любого вида отказа в общем числе меняется. Анализ данных, проведенный с помощью диаграмм Парето, показал, что основную долю (от 82 до 89%) приносят отказы воздухораспределителя, тормозной магистрали и арматуры тормозного оборудования.

Таблица 1. Отказы тормозной системы грузовых вагонов, %

Вид отказа	2022, РЖД	2019, I кв., РЖД	2020, 10 мес., ВЧДЭ-7	2022, ВЧДЭ-7
Воздухораспределитель (ВР)	63	51	65	75
Тормозная магистраль (ТМ)	13	22	11	14
Арматура тормозного оборудования	11	9	8	3
Тормозная рычажная передача (ТРП)	7	8	5	8
Тормозной цилиндр (ТЦ)	2	1	2	0
Запасной резервуар (ЗР)	2	1	2	0
Тормозное подвешивание	1	6	1	0
Авторежим	1	2	6	0

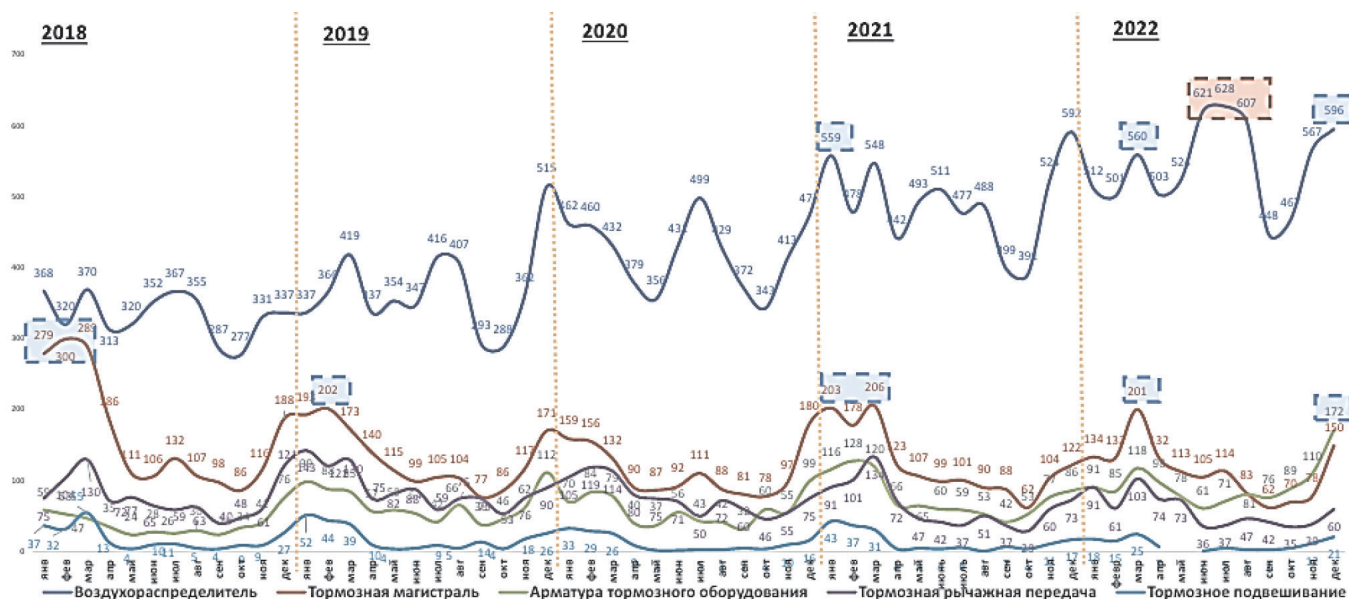


Рис. 1. Отказы элементов тормозной системы

Расширение границ ретроспективных данных по отказам тормозного оборудования грузовых вагонов позволяет оценить тенденцию изменения частоты появления отказов ее составных элементов (рис. 1).

Отказы тормозной магистрали, арматуры тормозного оборудования, тормозной рычажной передачи и тормозного подвешивания за 5 лет остались практически на одном уровне. Отказы воздухораспределителя увеличились за тот же период с 368 случаев до 628, то есть в 1,7 раза. Таким образом, представленные данные показывают, что наиболее проблемным узлом в тормозной системе грузового вагона является воздухораспределитель.

В табл. 2 приведены данные по причинам выхода из строя воздухораспределителя, тормозной магистрали и арматуры тормозного оборудования за 2022 г. по всей сети РЖД.

Как видим, причины разнообразны. При менее детальном рассмотрении причин неисправности воздухораспределителя можно выделить потерю работоспособности герметизирующих элементов (разрыв, расслоение, надрыв и т. п.) и просадку пружин. Иногда при анализе обстоятельств выхода из строя узлов (в том числе тормозной системы) констатируется комплекс нескольких причин.

По данным КАСАНТ за 2022 г., по ВЧДЭ-7 было проконтролировано состояние тормозной системы 10,9 млн вагонов. В 77 из них зафиксированы отказы элементов тормозной системы.

Основная причина выхода из строя воздухораспределителя — повреждение резинотехнических изделий (манжеты, диафрагмы и др.) и просадка пружин. Для тормозной магистрали отмечены случаи разрушения трубы воздухопровода и неисправности соединительных рукавов. Эти же причины являлись основными по данным для всей сети железных дорог.

Причины неисправностей арматуры тормозного оборудования и тормозной рычажной передачи отличались от общей статистики по всей сети и были связаны в большей степени с нарушениями технологической дисциплины при производстве ремонтных работ.

Следует отметить, что под надежностью железнодорожного транспорта понимается способность данного вида техники выполнять свои функции (для грузовых вагонов — перевозить грузы) в течение определенной наработки или периода эксплуатации в условиях применения,

технического обслуживания и транспортировки, установленных в нормативно-технической документации.

Количественными характеристиками надежности являются готовность, безотказность, ремонтпригодность, долговечность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств. В качестве комплексных показателей надежности рассматриваются коэффициенты готовности, оперативной готовности и технического использования. Требования по надежности элементов и систем закладываются на этапе их проектирования, затем технологически обеспечиваются при изготовлении и поддерживаются на этапе эксплуатации за счет проведения ремонта и технического обслуживания [5–7].

Одним из инструментов, используемых для определения требуемого уровня надежности сложной технической системы, является разработка структурной схемы надежности, которая регламентируется требованиями стандарта ГОСТ Р 51901.14-2007 [8].

Применительно к железнодорожной технике структурной единицей подвижного состава служит вагон. При построении расчетной схемы надежности грузового вагона он рассматривается как система без резервирования, состоящая из ряда последовательно соединенных узлов, которые в свою очередь состоят из ряда последовательно соединенных деталей.

Отказ каждой детали ведет к отказу узла, а отказ узла — к отказу вагона. При этом предполагается, что отказы узлов или деталей взаимно независимы. В качестве узлов рассматриваются функциональные составные части вагона: кузов, тележка, тормозная система или автосцепное оборудование [9].

Торможение поезда происходит за счет изменения энергии движения. При этом в процессе торможения принимают участие тормозная система, системы «колодка — колесо», «колесо — рельс», «рельс — путь» и собственно поезд, накопивший некоторую энергию движения к моменту начала торможения [6]. В рамках данной статьи рассматривается схема расчета надежности тормозной

системы. При этом полагается, что для других систем, участвующих в торможении, существуют свои схемы и свои критерии оценки работоспособности деталей, входящих в их состав.

Тормозная система вагона состоит из пневматической и механической частей. Данные, приведенные в табл. 2, показывают, что надежность тормозной системы грузового вагона определяется работоспособностью ее пневматической части, т. е. воздухораспределителем и тормозной магистралью. При этом имеется в виду, что отдельные детали системы, такие как авторежим, запасной цилиндр, разобщительный кран, тормозной цилиндр и тройник-пылеловка обладают высокой надежностью (порядка 1) и не лимитируют надежность тормозной системы. Это предположение сделано на основании данных системы КАСАНТ, где за указанный период эксплуатации не были зафиксированы случаи отказов данных деталей.

На рис. 2 показана структурная схема расчета надежности тормозной системы.

Для тормозной системы поезда основное неблагоприятное событие заключается в том, что при ее эксплуатации не обеспечиваются достаточные уровни эффективности управления, безаварийности, работоспособности агрегатов и сохранности груза [6]. То есть снижение показателей работоспособности или отказ ТС вагона может привести к снижению эффективности управления подвижного состава, инициировать аварийную ситуацию и нарушение целостности груза. Поэтому требуемый уровень надежности тормозной системы назначается достаточно высоким — 0,99 и выше.

Примем для дальнейшей оценки требуемый уровень надежности ТС, равный $P_{ТС}(t) = 0,99$ [7]. Далее предположим, что требуемые уровни надежности тормозной магистрали и воздухораспределителя одинаковы $P_{ВР}(t) = P_{ТМ}(t)$. Тогда для данных элементов ТС уровень надежности будет равен

$$P_{ВР}(t) = P_{ТМ}(t) = \sqrt{P_{ТС}(t)} = 0,995.$$

Отметим, что многолетние наблюдения позволяют регламентировать не-

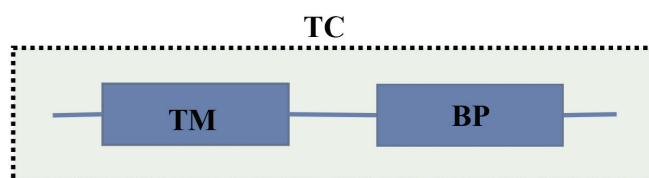


Рис. 2. Схема расчета надежности тормозной системы

Таблица 2. Причины отказов воздухораспределителя, тормозной магистрали и арматуры тормозного оборудования за 2022 г. по сети РЖД

Причина отказа	%
Воздухораспределитель	
Разрыв, надрыв, расслоение, утечка через манжету 305.156 в узле трех клапанов	22
Разрыв, порыв, расслоение диафрагмы 483А.007 клапана мягкости	15
Разрыв, надрыв большой диафрагмы 483А.043	10
Просажена пружина 483.029 в узле трех клапанов	9
Разрыв, надрыв, расслоение, утечка через диафрагму 483.005 клапана мягкости	8
Разрыв, надрыв, расслоение, утечка через манжету 270.313 на штоке главного поршня	7
Разрыв, надрыв, расслоение, утечка через большую диафрагму 270.716-2	6
Разрыв, надрыв, расслоение манжеты 270.397-3	5
Разрыв, расслоение, порыв прокладки 270.549 в узле трех клапанов	4
Просажена пружина 305.108	4
Просажено уплотнение 270.753 клапана дополнительной разрядки	4
Просажено уплотнение 270.751 клапана дополнительной разрядки	3
Расслоение уплотнения 270.311	3
Тормозная магистраль	
Обрыв (излом) трубы магистрали воздухопровода и подводящих труб	39
Неисправность соединительного рукава	25
Неплотность тормозной магистрали	17
Ослабление крепления труб воздухопровода и тормозных приборов	9
Трещина трубы воздухопровода тормозной магистрали	6
Излом трубы воздухопровода тормозной магистрали	4
Арматура тормозного оборудования	
Неисправность концевого крана	47
Неисправность тройника воздухопровода тормозной магистрали	28
Неисправность соединительной муфты	21
Неисправность разобшительного крана	4

которые показатели надежности как по системам, так и по их отдельным элементам. Примером этого может служить интенсивность отказов унифицированной тормозной системы. Так, для четырехосного универсального полувагона общий коэффициент отказа всех систем составляет 0,56-1/105 км. Коэффициент интенсивности отказа тормозной системы равен 0,10-1/105 км, при этом интенсивность отказов тормозных приборов составляет 0,18-1/105 км, а для трубопроводов и рукавов — 0,64-1/105 км [7].

По данным, фиксируемым системой КАСАНТ, можно оценить вероятность безотказной работы $P(t)$ любого элемента тормозной системы. Безотказность работы, исходя из условия сохранения воздухораспределителем своей работоспособности в пределах наработки $P_{BP}(t)$, равна [7]

$$P_{BP}(t) = 1 - \frac{n(t)}{N(t)} = 1 - \frac{161}{10896901} = 0,999985,$$

где $n(t)$ — число вагонов с отказавшими воздухораспределителями;
 $N(t)$ — число вагонов, прошедших контроль тормозной системы;

t — наработка (в рассматриваемом варианте — максимальное расстояние, пройденное вагонами от момента последнего ремонта до обнаружения отказа).

Для определения численных значений величин $n(t)$ и $N(t)$ использованы данные КАСАНТ по ВЧДЭ-7 г. Лоста за 2022 г.

Вероятность отказа элемента ТС, в том числе воздухораспределителя, $Q_{BP}(t)$ связана с вероятностью безотказной работы $P_{BP}(t)$ следующим соотношением [7]:

$$P_{BP}(t) = 1 - Q_{BP}(t).$$

То есть уровень безотказной работы очень высокий и, соответственно, вероятность отказа мала и составляет 0,000015. По остальным неисправностям, зарегистрированным по ВЧДЭ-7, уровень отказа еще меньше и практически равен нулю.

Таким образом, контроль работоспособности воздухораспределителя показал, что требования к уровню вероятности безотказной работы ТС грузового вагона выполняются. Вероятность безотказной работы ВР равна 0,999985 при требуемом уровне 0,995.

Одним из параметров, которые фиксирует система КАСАНТ, является расстояние, пройденное вагонами от момента ремонта до обнаружения отказа. Наличие статистических данных по наработке элементов ТС позволяют провести дополнительные оценки.

На рис. 3 показаны зависимости изменения вероятности безотказной работы $P(t)$ и вероятности отказа $Q(t)$ от наработки t для воздухораспределителя. На графике точками обозначены данные КАСАНТ по зафиксированным случаям отказа ТС, связанным с неисправностями воздухораспределителя. Сплошными линиями показаны аппроксимационные зависимости соответствующих показателей $P(t)$ и $Q(t)$, которые были получены с помощью программного пакета Sigma Plot.

Отметим, что при малых значениях пробега (менее 5 тыс. км) зафиксированы три отказа ВР, связанные с нарушением целостности резинотехнических изделий и просадкой уплотнений. Столь низкие значения пробегов могут быть связаны с повреждениями резиновых уплотнений при их установке и действии завышенных сборочных усилий. Тем не менее даже при наличии таких повреждений эти ВР были допущены к эксплуатации.

Из зависимостей $P(t)$ и $Q(t)$ следует, что значение наработки на отказ, при которой вероятность безотказной работы ВР и отказа равны между собой (то есть 0,5), составляет 84375 км. Очевидно, что превышение этой цифры делает вероятность отказа ВР больше вероятности безотказной работы.

Статистическая оценка средней наработки на отказ $\bar{T}$ равна [7]

$$\bar{T} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^k n_j \cdot \bar{t}_j,$$

где k — число интервалов статистического ряда;
 n_j — количество объектов, отказавших в j -м интервале;
 $\bar{t}_j$ — среднее значение наработки для j -го интервала;
 N — число работоспособных объектов в начале интервала.

Для тормозной системы, исходя из работоспособности воздухораспределителя, имеем следующие исходные данные для расчета средней наработки на отказ:

$k = 28$ (разбивка интервала от 0 до 160 тыс. км через 5 тыс. км за вычетом интервалов без вышедших из строя объектов);

$N = 42$ — количество ВР, по которым есть данные о наработке до отказа.

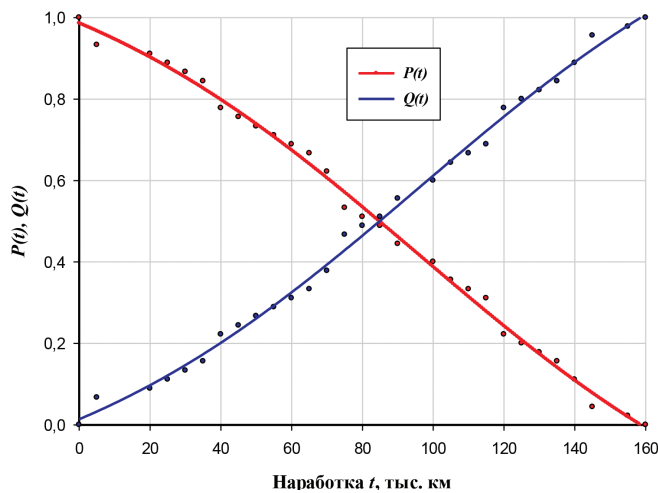


Рис. 3. Зависимости $P(t)$ и $Q(t)$ для воздухораспределителя

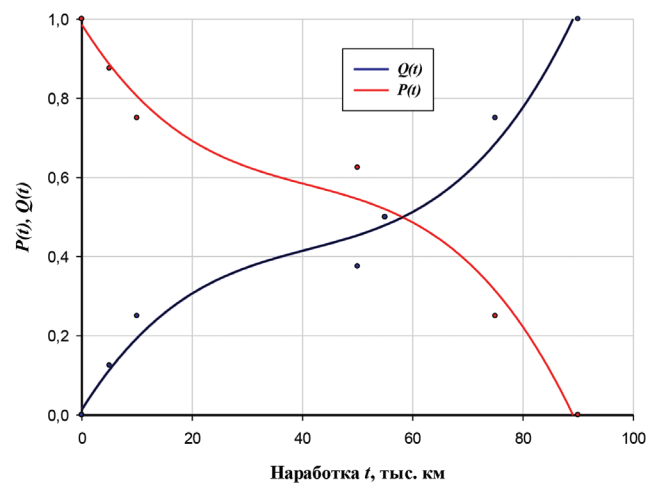


Рис. 4. Зависимости $P(t)$ и $Q(t)$ для тормозной магистрали

Величины n_j и $\bar{t}_j$ взяты из данных системы КАСАНТ.

То есть средняя наработка на отказ, исходя из работоспособности воздухо-распределителя, равна

$$\bar{T}_{\text{BP}} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^k n_j \cdot \bar{t}_j = \frac{3379134}{42} = 80456 \text{ км.}$$

На рис. 4 приведены зависимости изменения вероятности безотказной работы $P(t)$ и вероятности отказа $Q(t)$ от наработки t для тормозной магистрали.

Видно, что зависимости $P(t)$ и $Q(t)$ для тормозной магистрали существенно отличаются от аналогичных зависимостей для воздухораспределителя. Во-первых, на начальном участке наблюдается более резкое изменение уровней вероятностей $P(t)$ и $Q(t)$. Это обстоятельство связано с малой статистикой и наличием отказов при малых значениях наработки вследствие излома магистральной трубы. Во-вторых, уровень наработки по сравнению с воздухораспределителем меньше. Медианное значение наработки на отказ (вероятность безотказной работы ТМ и отказа равны между собой) составляет чуть менее 60000 км.

Средняя наработка на отказ, исходя из работоспособности тормозной магистрали, равна

$$\bar{T}_{\text{TM}} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^k n_j \cdot \bar{t}_j = \frac{430988}{8} = 53874 \text{ км.}$$

То есть и этот параметр оказывается меньше по сравнению с аналогичным показателем ВР.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

Анализ отказов элементов тормозной системы грузовых вагонов показал, чаще всего возникают неисправности воздухо-распределителя. Причем число отказов

ВР имеет тенденцию роста со временем. Далее идут отказы тормозной магистрали и арматуры тормозного оборудования. Использование диаграммы Парето показало, что именно эти три вида отказов составляют от 82 до 87% от общего числа отказов.

Данные по ВЧДЭ-7 показали, что основной причиной выхода из строя воздухораспределителя является повреждение резинотехнических изделий (манжеты, диафрагмы и др.) и просадка пружин. Для тормозной магистрали были отмечены случаи разрушения трубы воздухопровода и неисправности соединительных рукавов. Эти же причины являются основными для всей сети РЖД. Причины неисправностей арматуры тормозного оборудования и тормозной рычажной передачи отличаются от общей статистики по всей сети дорог и связаны в большей степени с нарушениями технологической дисциплины при производстве ремонтных работ.

Расчетная схема надежности тормозной сети грузового вагона включает в себя два элемента: воздухораспределитель и тормозную магистраль. Отказ ТС вагона может привести к снижению эффективности управления подвижного состава, инициировать аварийную ситуацию и нарушение целостности груза. Поэтому требуемый уровень надежности тормозной системы назначается достаточно высоким — 0,99 и выше. При равновероятном выходе из строя ВР и ТМ требуемый уровень каждого элемента надежности ТС оценивается величиной 0,995.

Оценена величина средней наработки на отказ тормозной системы грузового вагона по данным КАСАНТ по ВЧЭД-7 (г. Лоста) за 2022 г. Для воздухо-распределителя она равна 80456 км, для тормозной магистрали — 53874 км. ■

Источники

1. Протокол совещания у начальника службы вагонного хозяйства Северной дирекции инфраструктуры. № СЕВДИ В-23/пр от 22.02.2023. 6 с.
2. Мониторинг отказов автотормозного оборудования грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» за 12 месяцев 2022 года [Презентация]. URL: <http://kasant.qvc.oao.rzd:8888/kasant> (дата обращения 30.03.23).
3. Анализ отказов тормозного оборудования грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» за I квартал 2019 года [Презентация]. URL: http://мояколея1520.рф/files/uploads/files/ПКБ_ЦВ.pptx (дата обращения 30.03.23).
4. Мониторинг отказов тормозного оборудования грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» за 10 месяцев 2020 года [Презентация]. URL: <http://kasant.qvc.oao.rzd:8888/kasant> (дата обращения 30.03.23).
5. ГОСТ 32192-2013. Надежность в железнодорожной технике. Основные понятия. Термины и определения. Введен 01.07.2014. М.: Стандартинформ, 2014. 35 с.
6. Устич П.А., Карпычев В.А., Овечников М.Н. Надежность рельсового нетягового подвижного состава / под ред. П.А.Устича. М.: УМЦ МПС России, 2004. 416 с.
7. Пигунов В.В. Надежность подвижного состава железнодорожного транспорта. Гомель: БелГУТ, 2016. 202 с.
8. ГОСТ Р 51901.14-2007. Менеджмент риска. Структурная схема надежности и булевы методы. Введен в действие 27.12.2007. М.: Стандартинформ, 2008. 28 с.
9. Лукин В.В., Анисимов П.С., Федосеев Ю.П. Вагоны. Общий курс / под ред. В.В.Лукина. М.: Маршрут, 2004. 424 с.

Обзор методов крепления контейнеров и способов контроля их технического состояния



О. А. Дятлова,
аспирант кафедры
«Вагоны и вагонное
хозяйство»
Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I

Сегодня контейнерные перевозки являются одним из наиболее удобных способов перевозки грузов на любые расстояния. Контейнеры используются во всех видах сообщений: экспортном, импортном, транзитном. Объем контейнерных перевозок в России постоянно растет.

За четыре месяца 2023 г. объем контейнерных перевозок во всех видах сообщений, несмотря на особые геополитические условия, не только сохранился, но и вырос на 8,5% по отношению к аналогичному периоду 2022 г. и составил 2,3 млн ДФЭ [1].

Контейнеры, перевозимые с помощью железнодорожного транспорта, в зависимости от модели устанавливаются и крепятся на специализированных вагонах-платформах с помощью фитинговых упоров, для изготовления которых используются стали 09Г2С и 10ХСНД.

Резкое увеличение количества контейнерных перевозок привело к увеличению модификаций вагонов-платформ, осуществляющих транспортировку крупнотоннажных контейнеров, в том числе конструкций фитинговых упоров. Анализ конструкций применяемых фитинговых

упоров, устанавливаемых на вагонах-платформах, позволяет классифицировать их по следующим существенным признакам [2, 3]:

- по способу изготовления — цельнолитые и сварные конструкции;
- по способу расположения на вагонной платформе — стационарные (привариваемые непосредственно к раме вагонной платформы) и откидные (в нерабочем (откинутом) положении обеспечивают универсальность использования вагонной платформы для перевозки других типов грузов);
- по количеству фитингов на упорной плите — двоярные (устанавливаются под смежные фитинги двух установленных рядом контейнеров) и одинарные.

Наиболее распространенные конструкции фитинговых упоров представлены на рис. 1–4.

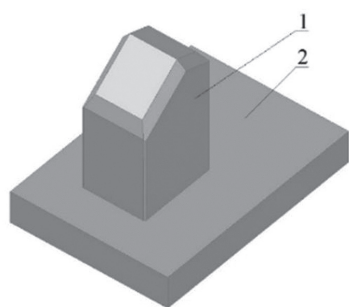


Рис. 1. Упор фитинговый стационарный 31887-НСБ:

1 — упор; 2 — опорная плита

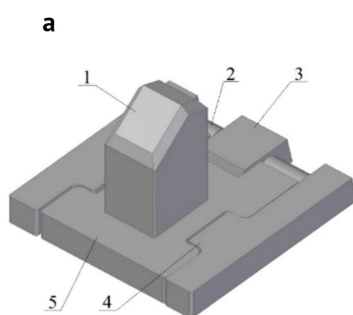


Рис. 2. Упор фитинговый откидной 31901-НСБ: а) в рабочем положении; б) в нерабочем положении.

Цифрами обозначены: 1 — упор; 2 — ось; 3 — проушина; 4 — фиксаторы; 5 — опорная плита

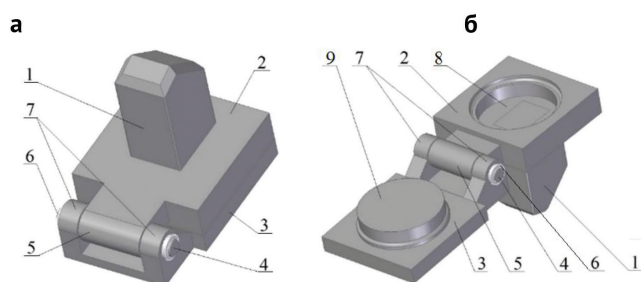
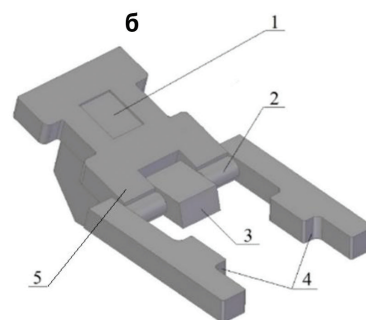


Рис. 3. Упор фитинговый откидной литой 31896-НСБ: а) в рабочем положении; б) в нерабочем положении. Цифрами обозначены: 1 — упор; 2 — опорная плита; 3 — фиксатор; 4 — ось; 5 — проушина фиксатора; 6 — втулка; 7 — проушина опорной плиты; 8 — выемка цилиндрическая; 9 — прилив цилиндрический

Следует констатировать, что конструкция фитинговых упоров в настоящее время несовершенна, не унифицирована и не взаимозаменяема на различных модификациях платформ без серьезной доработки конструкции рамы вагона [4].

Основным недостатком представленных конструкций является отсутствие возможности зафиксировать контейнер от вертикальных перемещений (амплитуда которых при перевозке порожних контейнеров значительно возрастает) по отношению к поверхности платформы, возникающих при движении. Это непосредственно сказывается на безопасности перевозок и сохранности не только перевозимого груза, но и самого контейнера вследствие его достаточно сильного и продолжительного раскачивания.

Для решения этой проблемы были предложены варианты закрепления контейнеров на платформах:

- запирающее устройство двухточечного контакта, назначение которого заключается в ограничении угла наклона контейнера при наличии сильных ветровых нагрузок (рис. 5) [5];

- дополнение фитингового упора механическим стопором, изготовленным из цельного круглого проката и согнутым в виде скобы (пат. RU 2647358C1) (рис. 6) [6];

- изменение формы фитингового упора, что позволяет удерживать контейнер от вертикальных перемещений, и наличие дополнительных проушин для установки фиксирующей оси (рис. 7) [7];

- способ автоматического крепления контейнеров от опрокидывания на раме вагона-платформы и устройство для его осуществления (пат. RU 2016150959A) (рис. 8) [5, 8].

Техническое состояние платформ для перевозки контейнеров по железным дорогам и устройств крепления контейнеров определяется в соответствии с Технологией осмотра фитинговых упоров вагонов-платформ, следующих по замкнутым кольцевым маршрутам по инфраструктуре ОАО «РЖД» № 911-2020 ПКБ ЦВ. Технология предполагает визуальный осмотр платформ в порожнем состоянии на начальной станции перевозки, на которой осуществляется погрузка непосредственно самого контейнера на вагон-платформу, и визуальный осмотр платформ без снятия контейнеров на конечной станции перевозки, на которой осуществляются

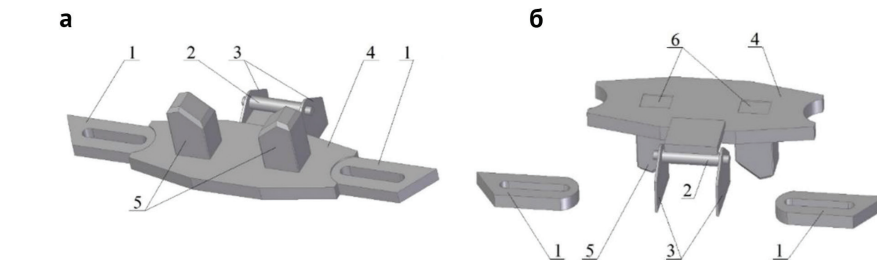


Рис. 4. Сдвоенный фитинговый упор 31883-НСБ: а) в рабочем положении; б) в нерабочем положении. Цифрами обозначены: 1 — фиксаторы; 2 — ось; 3 — кронштейны крепления к вагону-платформе; 4 — опорная плита; 5 — упоры; 6 — место сварки

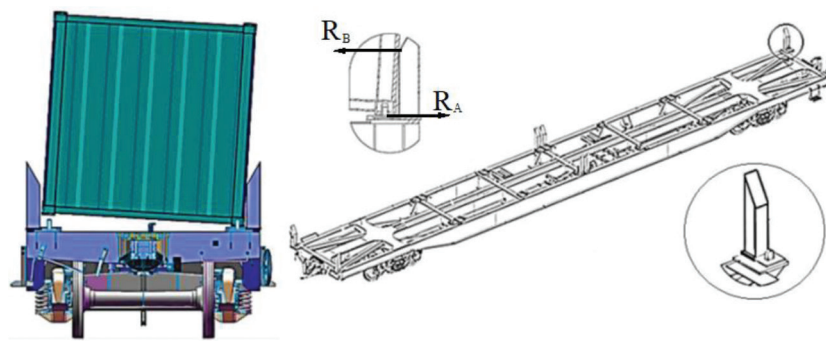


Рис. 5. Запирающее устройство двухточечного контакта [3]

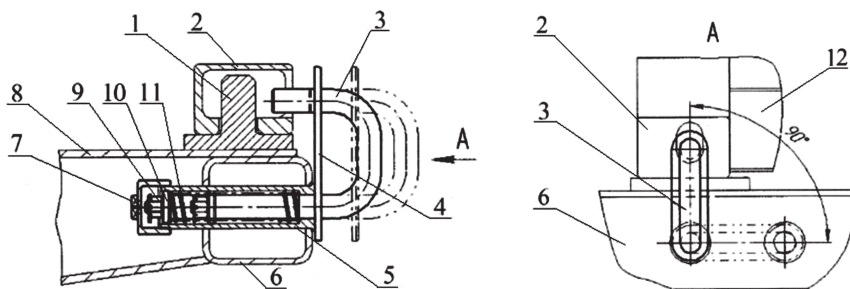


Рис. 6. Механический стопор для фиксации контейнера (пат. RU 2647358C1): 1 — упор; 2 — фитинг; 3 — скоба стопора; 4 — планка; 5 — патрубок; 6 — боковая балка рамы вагона-платформы; 7 — резьбовая крышка; 8 — рама вагона-платформы; 9 — гайка; 10 — шайба; 11 — пружина; 12 — контейнер

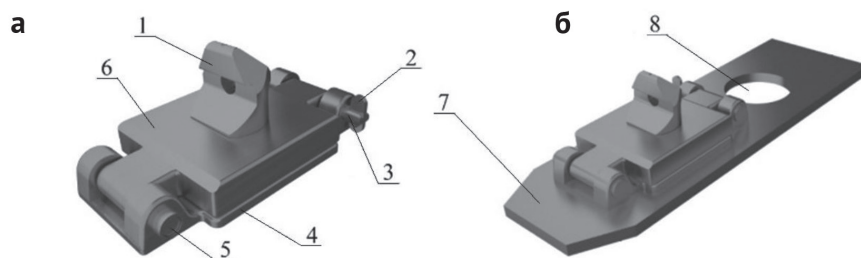


Рис. 7. Фиксирующее устройство с измененной формой фитингового упора: а) внешний вид; б) с установкой на нижней плите. Цифрами обозначены: 1 — упор; 2 — предохранитель; 3 — фиксирующая ось; 4 — опорная плита; 5 — поворотная ось; 6 — основание; 7 — нижняя плита; 8 — отверстие для нерабочего положения фитингового упора

погрузо-разгрузочные работы без снятия контейнера с вагона-платформы.

Осмотр непосредственно самих фитинговых упоров в настоящее время

происходит только после снятия контейнера с платформы, соответственно, требует значительных временных затрат. С целью реализации данной про-

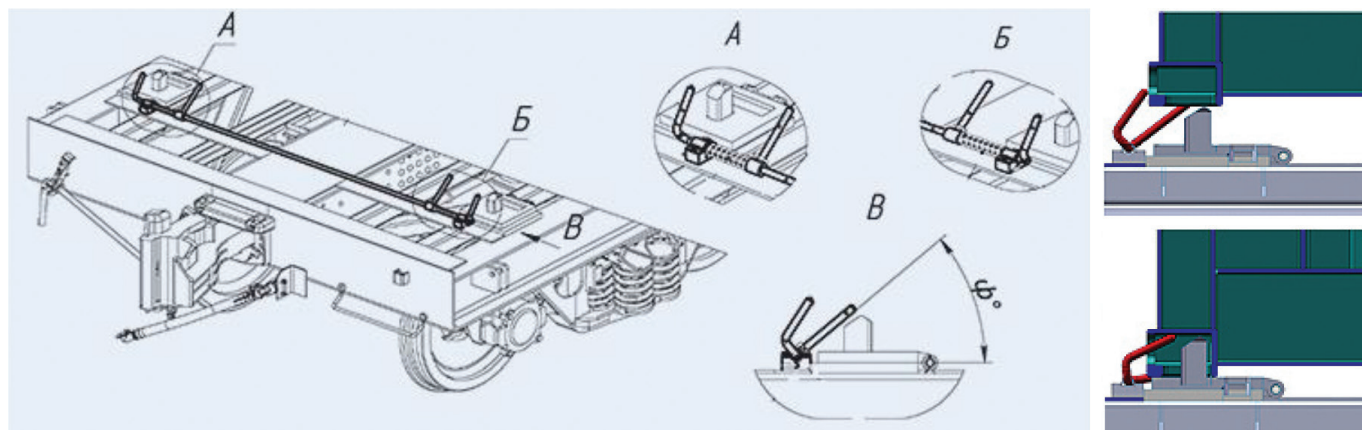


Рис. 8. Тorsiонный вал с рычагами (а) и принцип его работы: б) в начале опускания контейнера, в) в рабочем положении



Рис. 9. Видеоэндоскоп компании «Модуль» для контроля состояния фитинговых упоров

цедуры специализированные вагоны-платформы с контейнерами подаются на контейнерный терминал, где контейнеры посредством крана или погрузчика снимаются с вагона-платформы, далее следует визуальный осмотр каждого фитинга, по окончании которого контейнеры помещаются на вагоны-платформы в обратном порядке.

Для сокращения времени оборота платформ и контейнеров под грузовыми операциями, связанными с поднятием и установкой контейнера на платформу после осмотра фитинговых упоров, разрабатываются методики с использованием специального оборудования по оценке технического состояния фитинговых упоров без снятия контейнера с вагона-платформы. Одним из вариантов решения данной проблемы стало использование видеоэндоскопов (рис. 9) [9], позволяющих осматривать и оценивать состояние фитингового упора в грузе состоянии на вагоне-платформе.

Методика с использованием видеоэндоскопов получила широкое распространение и продолжает активно использоваться на ряде крупных железнодорожных станций, через которые проходят контейнерные составы.

В целом исследования показали, что существующие методы крепления кон-

тейнеров и порядок осмотра и оценки технического состояния фитинговых упоров на вагонах-платформах не позволяют обеспечить безопасность перевозок и как следствие — сохранность перевозимого груза, что требует поиска конструктивных решений, способных решить данную проблему.

Источники

1. Объем контейнерных перевозок в 2023 году может составить рекордные 7 млн ДФЭ // РЖД-Партнер.ру: [Сайт]. 30.05.2023. URL: <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/news/obem-konteynerykh-perevozok-v-2023-godu-mozhet-sostavit-rekordnye-7-mln-dfe> (дата обращения 24.07.2023).
2. Дятлова О.А. Определение общих признаков и классификация фитинговых упоров вагонов-платформ // Техник транспорта: образование и практика. 2021. Т. 2, Вып. 3. С. 339–346. URL: <https://doi.org/10.46684/10.46684/2687-1033.2021.3.339-346>.
3. Дятлова О.А. Классификация фитинговых упоров вагонов-платформ на основании общих признаков // III Бетанкуровский междунар. инженерный форум: сб. тр.: В 2 т. Т. 1, Санкт-Петербург, 2–3 декабря 2021. СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2021. С. 137–139.

4. Берзин А. Упор для инициативы // Гудок. 15.11.2016. № 203. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1356016> (дата обращения 24.07.2023).
5. Бороненко Ю. П., Даукша А.С. Выбор конструктивных решений устройств крепления контейнеров и съемных кузовов на железнодорожных платформах // Транспорт РФ. 2017. Вып. 2 (69). С. 29–32.
6. Пат. № 2647358С1 РФ, МПКВ60Р 7/13(2006.01), В61D 3/20(2006.01), В61D 45/00(2006.01). Устройство для крепления контейнера к раме платформы: № 2016147943: заявл. 07.12.2016: опубл. 15.03.2018 / Никитин В.А., Мещерин Ю.В., Михайлов Г.И., Михалин Н.В., Чепурнова О.В., Трепачева Т.В.; заявитель АО «ВНИКИ». 7 с.
7. Пат. № 2687371С1 РФ, МПКВ60Р 7/13(2006.01), В61D 3/20(2006.01). Устройство для крепления контейнеров на платформе: № 2018122829: заявл. 30.07.2018: опубл. 13.05.2019 / Иншаков В.А., Петров И.О., Харыбин И.А., Киреева Ю.С.; заявитель ООО «СКЦ». 12 с.
8. Пат. RU 2016150959А РФ, № 2016150959 Способ автоматического крепления контейнеров от опрокидывания на раме вагона-платформы и устройство для его осуществления: заявл. 23.12.2016; опубл. 26.06.2018 / Бороненко Ю.П., Цыганская Л.В., Бейн Д.Г., Даукша А.С. Бюл. № 18. 2 с.
9. Дятлова О.А. Особенности контроля состояния фитинговых упоров железнодорожных платформ // Наука и образование: актуальные вопросы теории и практики: материалы Междунар. науч.-метод. конф., Самара, Оренбург, Нижний Новгород, 23 марта 2021. Самара; Оренбург; Нижний Новгород: СамГУПС, ОрИПС, Филиал СамГУПС в Нижнем Новгороде, 2021. С. 108–111.

Контроль загрязнения воздуха в городах с использованием цифровых средств фиксации структуры и интенсивности транспортных потоков



В. Н. Ложкин,
д-р техн. наук, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России имени Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева

На основе опыта применения онлайн-информации электронно-цифровых средств видеофиксации структуры и интенсивности транспортных потоков в Санкт-Петербурге для расчетного прогнозирования загрязнения воздуха была разработана методика, нашедшая применение в действующем нормативном документе комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности правительства города.

На санитарно-гигиеническое благополучие жителей Санкт-Петербурга, одного из крупнейших городов Европы с мощной, непрерывно развивающейся сетью скоростных автомагистралей, способны оказать воздействие вредные (загрязняющие) вещества (ЗВ) отработавших газов автомобильных и судовых поршневых двигателей внутреннего сгорания [1–3]. К таким особо опасным ЗВ, по данным Всемирной организации здравоохранения [4], относятся оксид углерода (CO), диоксид азота (NO₂), летучие углеводороды (CH), твердые частицы сажи опасного размера PM_{2,5} [5], диоксид серы (SO₂), бенз(а)пирен (C₂₀H₁₂).

Справедливости ради следует отметить, что данная проблема с не меньшими эколого-социальными негативными

последствиями для городского населения присуща всем крупным городам мира [6]. Отличительной особенностью климата Санкт-Петербурга, благоприятной для рассеяния ЗВ в атмосфере, является постоянная продуваемость акватории Финского залива преимущественно западными ветрами [7].

Однако, как показывают авторские исследования [2, 8], при неблагоприятных метеорологических условиях, которые для Северо-Западного климатического региона в связи с глобальным потеплением климата [6, 9] стали регулярно повторяемым явлением [7], в часы пик автомобильного движения на городской территории в окрестности оживленных автомагистралей наблюдаются локальные превышения допустимых концентраций [10] по разным ЗВ (см. таблицу) до 2–5 ПДК_{мр} [2, 3, 5, 8].

Применительно к Санкт-Петербургу исследования [8, 11] установили, что как городской электрический транспорт (трамваи, троллейбусы, метрополитен, электровозы, электропоезда, электромотоциклы, электробусы), так и гибридные автомобили опосредованно далеко не безобидны в отношении атмосферных загрязнений поллютантами и в значительной степени — парниковыми газами [4, 7, 9].

Электрическая энергия, приводящая в движение перечисленные типы транспорта, не менее чем на 60 % (40 % приходится на атомную теплоцентраль

Показатели качества атмосферного воздуха для населённых мест в РФ по ГН 2.1.6.3492–17 [10]

Вещество	Период осреднения	Значение нормативного показателя
Оксид углерода	20 минут	5 мг/м ³
	24 часа	3 мг/м ³
Диоксид азота	20 минут	200 мкг/м ³
	24 часа	40 мкг/м ³
Взвешенные частицы PM _{2,5}	20 минут	160 мкг/м ³
	24 часа	35 мкг/м ³
Диоксид серы	20 минут	500 мкг/м ³
	24 часа	50 мкг/м ³
Озон	20 минут	160 мкг/м ³
	24 часа	30 мкг/м ³
Бенз(а)пирен	24 часа	0,1 мкг / 100 м ³

в Сосновом Бору) вырабатывается городскими тепловыми станциями, на которых в Санкт-Петербурге сжигается углеводородное топливо — природный газ [8]. Научные авторские изыскания доказывают, что совместно с высокими уровнями транспортного шума это приносит городу существенный совокупный экологический ущерб, отдельные статьи которого в форме внешних издержек детально изучены в работах [8, 11].

Повышенную загрязненность воздуха улично-дорожной сети (УДС) Санкт-Петербурга вероятно ожидать в периоды неблагоприятных метеорологических условий в часы пик автомобильного движения. Согласно постановлению правительства Санкт-Петербурга от 29 декабря 2017 г. № 1187, скорость сообщения в эти периоды для автотранспорта составляют в среднем по центральной планировочной зоне 10–15 км/ч, в пределах плотной застройки — 20–26 км/час, а на заторовых направлениях — 6–10 км/ч [12].

Системные пробки регулярно возникают на подходах к 245 городским перекресткам, что составляет около 20% всех дорожных пересечений. При этом в периферийных районах периоды неблагоприятных условий движения продолжаются в течение суток с 7:30 до 10:30 и с 17:00 до 20:30, в центре — с 8:30 до 22:00, а единичные заторы могут наблюдаться до 01:30. Зона неблагоприятных условий движения охватывает практически всю опорную сеть магистралей городского значения и значительную часть — районного.

Объемы непосредственных выбросов ЗВ автотранспортом при эксплуатации в УДС определяются реальным техническим состоянием автомобилей, существенно зависящим от регулирующего законодательства в сфере экологической сертификации колесных транспортных средств (КТС). В 2005–2010 гг. в России усилиями научной общественности и властных структур была обеспечена гармонизация нормативных требований к выбросам в атмосферу ЗВ автомобильным транспортом с директивами и регламентами Евросоюза, являющимися основой Правил Европейской экономической комиссии ООН, а также с Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 018/2011 [8, 13]. В последнем фактически были закреплены требования Европейского союза по Директивам 98/70/ЕС (качество топлива); 2007/46/ЕС (утверждение типа ТС); 2005/55/ЕС (евро-

пейские нормы на выбросы в атмосферу ЗВ) [8]. Гармонизация законодательства стала жизненно необходимым условием для радикального положительного изменения технического состояния (сегодня это легковой транспорт экологических классов, преимущественно Euro-4, Euro-5, Euro-6) и структуры (появление газобаллонных, электрических, гибридных, интеллектуальных конструкций) транспорта, его радикального омоложения [8, 9, 11].

Это положительным образом сказалось на качестве городского воздушного бассейна [8, 11]. Однако в связи с жесткими экономическими санкциями со стороны Запада в 2022 г., за которыми последовали ограничения поступления на российский рынок западной автомобильной техники, и вынужденной реакцией со стороны правительства РФ в форме временного действия нормативного документа [14], ослабившего требования к техническому состоянию транспорта на территории РФ, в краткосрочной перспективе до момента замещения дефицита автомобильной техникой восточного производителя (преимущественно из Китая) можно ожидать незначительного ухудшения качества атмосферного воздуха в городах. Это определило актуальность настоящего исследования.

Задача состояла в том, чтобы на основе критического анализа контроля качества атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге с помощью онлайн-информации высокоточных и эффективных цифровых средств фиксации структуры и интенсивности движения (ИД) транспортных потоков на городской УДС предложить обновленную актуализированную методологию расчетного прогнозирования опасного локального загрязнения атмосферного воздуха в периоды действия неблагоприятных транспортно-метеорологических условий.

В мае 2017 г. в Санкт-Петербурге открылся Единый центр аппаратно-программного комплекса «Безопасный город», в 2018 г. для контроля и оптимизации грузоперевозок Центр транспортного планирования внедрил автоматизированную систему контроля структуры и ИД КТС, регистрируемых с помощью цифровых датчиков, установленных на основных городских магистралях.

Система позволяет идентифицировать количественные и скоростные характеристики транспортного потока, ре-

гламентированные документом [15], соответственно их линейным размерам по четырем группам, обозначаемым в текстовых файлах исходной информации условными аббревиатурами: MID SIZE 1 (грузовые < 5 т), MID SIZE 2 (грузовые 5–12 т), LONG VEH 1 (грузовые 12–20 т) и LONG VEH 2 (грузовые > 20 т).

С 2019 г. авторы методически адаптировали автоматизированную систему учета ИД КТС к требованиям Национального стандарта РФ ГОСТ Р 56162–2019 «Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу потоками АТС на автомобильных дорогах разной категории». В новой методике предусмотрено аппаратно-цифровое ранжирование транспорта по учетным группам на основе действующих принципов их экологического категорирования [16], гармонизированных с особенностями интеллектуально-цифрового автоматического учета по полосам движения на городских автомагистралях:

- I. легковые (Л): [(VOLUME + XLONG VEH) — (MID SIZE 1 + MID SIZE 2 + LONG VEH 1 + LONG VEH 2)];
- II. автофургоны и микроавтобусы до 3,5 т (АМ): MID SIZE 1;
- III. грузовые от 3,5 до 12 т ($G \leq 12$): MID SIZE 2;
- IV. грузовые свыше 12 т ($G > 12$): LONG VEH 1 + LONG VEH 2;
- V. автобусы свыше 3,5 т ($A > 3,5$): принимаются 0,15 MID SIZE 2,

где VOLUME — общее количество ТС, а XLONG VEH — неопознанные КТС, относимые к легковым автомобилям.

Согласно документу [16], для конкретных участков автомагистралей городской УДС по рабочим файлам автоматизированной системы контроля структуры и ИД транспорта выявляются характеристики максимальной (по интенсивности) транспортной нагрузки для часов пик ГК, час-1 (1), которые используются для расчета выбросов ЗВ в соответствии с авторскими методиками [2, 3, 5, 16]. Выброс j -го загрязняющего вещества (г/с) движущимся автотранспортным потоком на автомагистрали (или ее участке) с фиксированной протяженностью L (км) определяется по формуле

$$M_j = \frac{L}{3600} \sum_1^n E_{jk} G_k r_{jk}, \quad (1)$$

где M_j — мощность выброса j -го загрязняющего вещества от автотранспортного потока (г/с);
 L — протяженность участка автомагистрали, км;
 E_{jk} — фактор эмиссии j -го загрязняющего вещества для транспорта k -й группы (г/км);
 G_k — интенсивность движения транспорта k -й группы (час-1);
 r_{jk} — безразмерный коэффициент учета зависимости фактора эмиссии j -го загрязняющего вещества для транспорта k -й группы от средней скорости его движения в составе автотранспортного потока;
 n — число учитываемых групп (k) транспорта в потоке;
3600 — коэффициент перевода часов в секунды.

Последующие расчеты значений приземных концентраций ЗВ, ожидаемых при неблагоприятных метеорологических условиях на автомагистрали и ближайшей городской окрестности, выполняются путем численного решения дифференциальных уравнений атмосферной диффузии ЗВ в стратифицированной атмосфере по методологии ГГО им. А. И. Войкова [17]. С детальными особенностями данной оригинальной методологии применительно к контролю загрязнения воздушной среды ЗВ от автотранспортных потоков можно ознакомиться в работах [8, 11, 17, 18].

Предметом экспериментально-расчетного исследования являлись картины виртуальных физических явлений переноса ЗВ в стратифицированной атмосфере Санкт-Петербурга при сочетании высокой транспортной нагрузки (максимальные интенсивности автотранспортных потоков на городской УДС в часы пик) с неблагоприятными для рассеяния ЗВ метеорологическими параметрами (скорость ветра менее 2 м/с, инверсия температуры в приземном слое атмосферы). Расчеты проводила Фирма «Интеграл-Софт» (Санкт-Петербург) с помощью унифицированной программы «Магистраль». На рис. 1 в качестве примера приведена общая территориальная картина результатов моделирования загрязнения воздуха Санкт-Петербурга твердыми частицами сажи опасного размера $PM_{2.5}$.

Анализ данных на рис. 1 указывает на высокую вероятность чрезвычайно опасной загрязненности воздуха в центральных районах города и относительно меньшей — на окраинах. И это несмотря на то, что именно по окраинам проходит самая оживленная городская кольцевая магистраль (КАД) со значительной до-

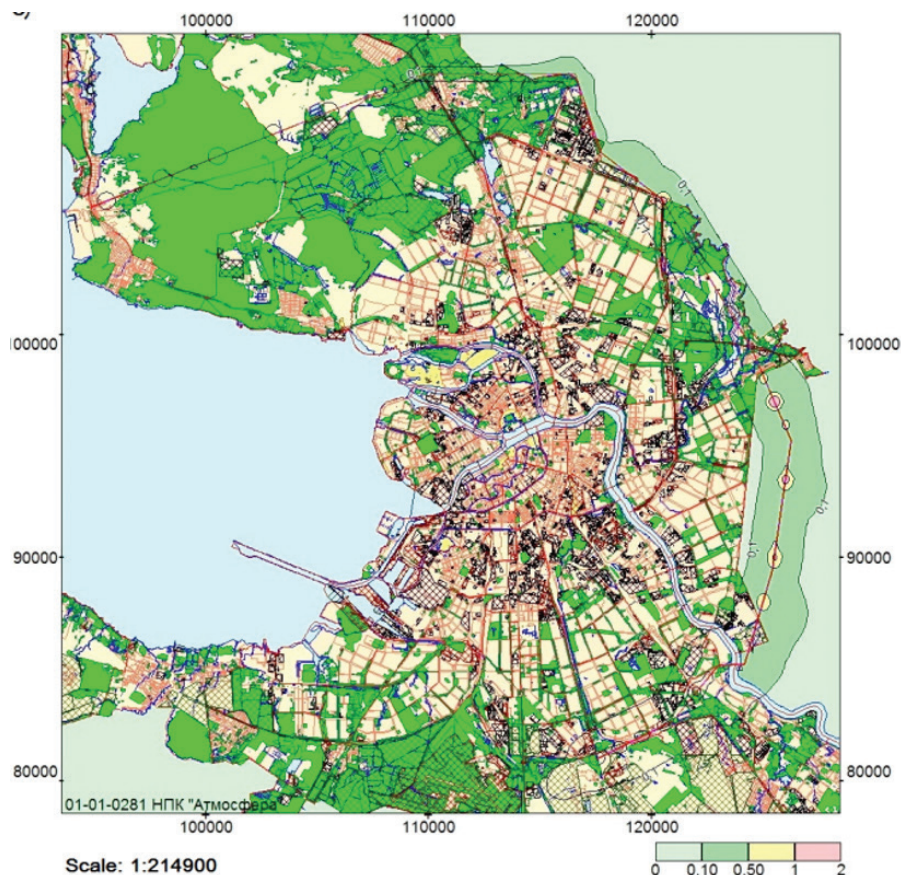


Рис. 1. Общая картина загрязнения воздушной городской среды $PM_{2.5}$ в долях PPK_{MP}

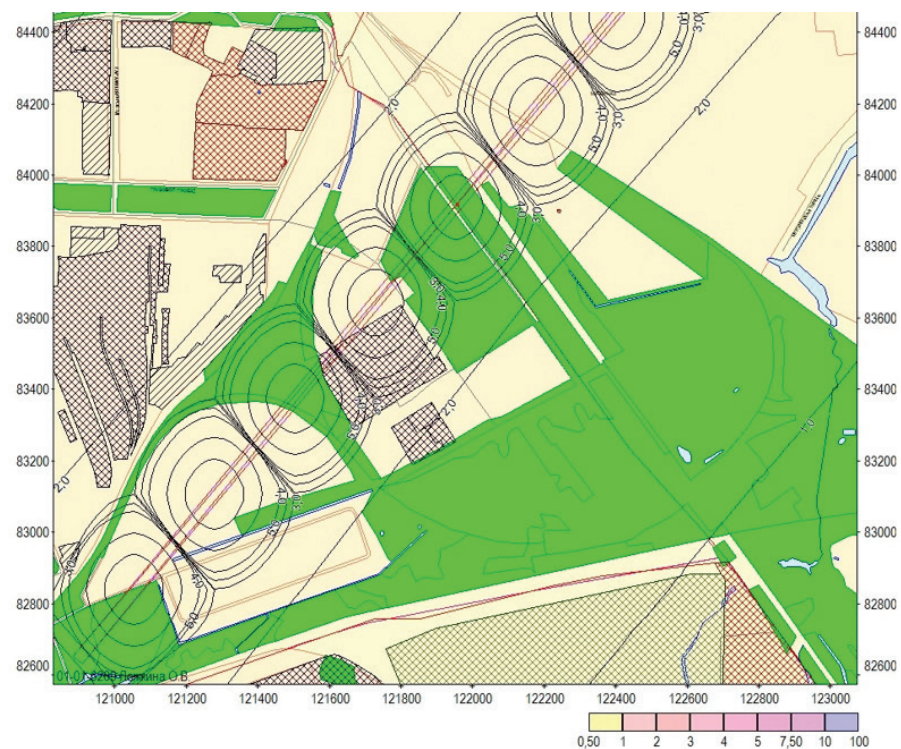


Рис. 2. Выделенный фрагмент картины рис. 1 загрязнения воздушной среды $PM_{2.5}$ в окрестности КАД на участке от ул. Софийской до пр. Обуховской обороны (район ул. Запорожской), в долях PPK_{MP}

лей транзитного грузового потока. Такое явление объясняется физическими закономерностями перетекания более холодных и более загрязненных поллютантов (в окрестности КАД) воздушных масс в относительно более теплую

воздушную среду центральной части города.

При этом, как показывают данные многолетних исследований [17], для территорий от периферии к центральным районам города характерны

слабые центростремительные течения холодных воздушных масс. При достижении ими акватории центральных районов и смещении с более теплыми воздушными массами наблюдаются вертикальные течения от поверхности земли [17].

Жесткие территориальные ограничения строительства КАД не позволили ее проложить, минуя санитарно-защитную зону от домов по ул. Запорожской. Разработанная модель позволяет фрагментировать опасные локализации, выделяя их из общей картины (рис. 2), и обнаружить жилые постройки, жители которых при неблагоприятных транспортно-метеорологических условиях могут подвергаться воздействию $PM_{2,5}$, превышающих $ПДК_{MP}$ в 2–5 раз.

Таким образом, аппаратный комплекс цифровой онлайн-индикации и обработки информации о структуре и интенсивности движения автотранспорта по городским магистралям вместе с расчетным алгоритмом новой методологии были внедрены как элемент интеллектуальной транспортной системы в общую структуру реализации действующих программ «Умный город» и «Безопасный город» Санкт-Петербурга.

Оригинальные электронно-цифровые технические решения по автоматическому детектированию автотранспортных потоков существенно облегчили и расширили возможности применения расчетного мониторинга загрязнения атмосферного воздуха от автотранспортных потоков при неблагоприятных (чрезвычайно опасных) транспортно-метеорологических условиях. ■

Источники

1. Региональный проект «Региональная и местная дорожная сеть (город федерального значения Санкт-Петербург)» // Администрация Санкт-Петербурга: [Официальный сайт]. URL: <https://www.gov.spb.ru/projects/51/> (дата обращения 23.09.2023).
2. Марцынковский О. А., Буренин Н. С., Ложкина О. В., Ложкин В. Н. Воздействие автомобильного транспорта на качество воздушной среды Санкт-Петербурга: проблемы и решения // Окружающая среда Санкт-Петербурга: Экология и транспорт. 2020. № 1 (15). С. 28–31.
3. Ложкин В. Н., Ложкина О. В. Прогнозирование загрязнения воздуха от

- ботавшими газами двигателей судов и автотранспорта // Транспорт РФ. 2017. № 1(68). С. 59–62.
4. В. В. Донченко, Ю. В. Трофименко, М. И. Шаров и др. Методические основы организации экологических зон с низкими выбросами автомобильного транспорта: СПб.: Коста, 2023. 264 с.
5. Lozhkin V., Gavkalyk B., Lozhkina O. et al. Monitoring of extreme air pollution on ring roads with PM2.5 soot particles considering their chemical composition (case study of Saint Petersburg) // Transp. Res. Proc. 2020. Vol. 50. P. 381–388.
6. Wael K. Al-Delaimy and others Health of People, Health of Planet and Our Responsibility. Climate Change, Air Pollution and Health / eBook, Springer, XXIII, 2020. 417 p. DOI: 10.1007/978-3-030-80103-8.
7. Anisimov O., Orttung R. Climate change in Northern Russia through the prism of public perception. Ambio, 2018. DOI: 10.1007/s13280-018-1096-x.
8. Ложкина О. В., Ложкин В. Н. Контроль и прогнозирование эффективности управления чрезвычайным воздействием транспорта на городскую среду и население: моногр. СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2020. 220 с.
9. Трофименко Ю., Комков В., Шашина Е. и др. Научно обоснованный прогноз адаптации сектора автомобильного транспорта к вероятным последствиям изменения климата и возможные сценарии его декарбонизации в Российской Федерации: моногр. М., 2022. 134 с. URL: <https://www.skolkovo.ru/centres/senec/senec-research-climate-policy/?ysclid=lm7zrratjb603792876> (дата обращения 21.10.2023).
10. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 22.12.2017 № 165 «Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.1.6.3492–17 „Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений“». URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201801090023?ysclid=lpfaqzmn8l783828514> (дата обращения 12.10.2023).
11. Ложкин В. Н., Мусиенко Т. В., Ложкина О. В. Методология прогноза экологического ущерба от транспортного сектора в Санкт-Петербурге // Ученые записки МБИ. 2019. Вып. № 3 (29). С. 91–106.
12. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 30.06.2014 № 552 «О государственной программе Санкт-Петербурга „Развитие транспортной системы Санкт-Петербурга“» (с изменениями на 17.10.2023 г.). URL: <https://docs.cntd.ru/document/822403631?ysclid=lpq72qswi1343801351> (дата обращения 13.10.2023).
13. Решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 877 (ред. от 27.09.2023) «О принятии технического регламента Таможенного союза „О безопасности колесных транспортных средств“» (вместе с „ТР ТС 018/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности колесных транспортных средств“). URL: <https://legalacts.ru/doc/reshenie-komissii-tamozhennogo-soiuz-a-ot-09122011-n-877-o/?ysclid=lpfchgsuyg952550441> (дата обращения 14.10.2023).
14. Постановление Правительства РФ от 15.06.2022 № 1269 «О внесении изменений в Правила применения обязательных требований в отношении отдельных колесных транспортных средств и проведения оценки их соответствия». URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202207180029?ysclid=lpfcp6ggz695427732> (дата обращения 12.10.2023).
15. Приложение Б «Межгосударственного стандарта ГОСТ 32965-2014 „Дороги автомобильные общего пользования методы учета интенсивности движения транспортного потока“», введенного в действие приказом Росстандарта от 31.08.2016 № 997-ст.
16. Методика определения выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автотранспортных потоков, движущихся по автомагистралям Санкт-Петербурга, утв. распоряжением Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности от 29.01.2019 № 33-р. URL: <https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2018/08/29...pdf> (дата обращения 12.10.2023).
17. Genikhovich E. L., Gracheva I. G., Onikul R. I. et al. Air pollution modeling at urban scale – Russian experience and problems. Water, Air & Soil Pollution: 2002. Focus 2 (5–6). P. 501–512.
18. Lozhkina O. V., Lozhkin V. N. Estimation of road transport related air pollution in Saint Petersburg using European and Russian calculation models // Transp. Res. Part D. 2015. № 36. P. 178–189.

Игорь Г. Малыгин, д-р техн. наук, директор Института проблем транспорта им. Н. С. Соколоменко Российской академии наук (ИПТ РАН),

Игорь В. Гурлев, д-р техн. наук, главный научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем ИПТ РАН.

Мировые тенденции развития транспорта // Транспорт РФ. — 2023. — № 5–6 (108–109). — С. 4–8.

Рассмотрены некоторые зарубежные и российские проекты, касающиеся перспектив развития различных видов транспорта: легковых автомобилей, беспилотных такси, общественного наземного транспорта, скоростных железнодорожных поездов, авиатранспорта, использующих новые более чистые в экологическом плане виды топлива: электричество, биотопливо, солнечную и ветровую энергию.

Ключевые слова: беспилотный электромо-
биль, биотопливо, беспилотное авиатакси,
скоростной поезд, самолет на солнечной
энергии, гиперзвуковой самолет.

Контактная информация: malygin_com@
mail.ru

Петр К. Рыбин, канд. техн. наук, первый проректор — проректор по учебной работе, профессор кафедры «Железнодорожные станции и узлы» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС),

Владимир В. Костенко, канд. техн. наук, доцент кафедры «Железнодорожные станции и узлы» ПГУПС,

Максим В. Четчуев, канд. техн. наук, руководитель научно-образовательного центра «Мультимодальные транспортные системы», доцент кафедры «Железнодорожные станции и узлы» ПГУПС,

Валентина Г. Четчуева, инженер путей сообщения, бакалавр юриспруденции.

Анализ терминологии смешанных перевозок в действующих нормативных документах // Транспорт РФ. — 2023. — № 5–6 (108–109). — С. 9–14.

Проанализирована определяемая действующими нормативными документами терминология в области смешанных перевозок. Сформулированы основные критерии, характеризующие рассматриваемые термины. С их учетом по трем определениям разработаны сравнительные таблицы, демонстрирующие расхождения в трактовке применяемых терминов. В результате обобщения совпадающих критериев предложен вариант рассмотренных определений перевозок: прямой смешанной, мультимодальной и интермодальной. Исследование подтвердило наличие расхождений в наборе критериев, характеризующих используемые в области смешанных перевозок термины. Сравнительные таблицы рекомендуются для использования в качестве основы для формирования единой терминологической базы.

Ключевые слова: смешанные перевозки,
терминология, нормативные документы,
сравнительные таблицы, оператор сме-
шанной перевозки, единый перевозочный
документ, укрупненная грузовая единица.

Контактная информация: mts@pgups.ru

Александр И. Долгий, канд. техн. наук, генеральный директор АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (НИИАС),

Александр Г. Сахаров, начальник департамента управления бизнес-блоком «Железнодорожные перевозки и инфраструктура» ОАО «Российские железные дороги»,

Михаил А. Дежков, заместитель начальника департамента научных исследований, аналитики и совершенствования научно-технической деятельности АО «НИИАС»,

Сергей А. Макиевский, машинист-инструктор локомотивных бригад эксплуатационного локомотивного депо Хабаровск-П ОАО «РЖД»,

Марк А. Чернин, руководитель Центра научно-технологических экспертиз АО «НИИАС».

«Виртуальная сцепка» на Восточном полигоне: достигнутые эффекты и направления развития // Транспорт РФ. — 2023. — № 5–6 (108–109). — С. 15–19.

Представлены результаты работ по внедрению инновационной технологии интервального регулирования движения поездов «виртуальная сцепка». Рассматриваются технико-технологические решения и аппаратно-программные средства, позволяющие с использованием ВСЦ по цифровому радиоканалу и интеллектуальных систем автоведения реализовать движение поездопотоков с минимальными интервалами при условии соблюдения требований по безопасности движения. Приведены результаты испытаний и подконтрольной эксплуатации внедренных технологий на примере Восточного полигона сети железных дорог ОАО «РЖД» в 2019–2023 гг., а также достигнутые при этом социально-экономические эффекты. Сделан вывод о перспективности применения наукоемких технико-технологических решений типа «виртуальная сцепка» для повышения пропускной способности железных дорог на существующей инфраструктуре.

Ключевые слова: интервальное регулирование движением поездов, технология «виртуальная сцепка», безопасность движения, интеллектуальные системы автоведения, локомотивные устройства безопасности, имитационное моделирование, средства цифровой радиосвязи, пропускная способность железнодорожных участков, экономическая эффективность.

Контактная информация: nik-sazonov@
yandex.ru

Валерий Н. Мячин, д-р техн. наук, генеральный директор ООО «Научно-исследовательский и проектный институт территориального развития и транспортной инфраструктуры» (НИПИ ТРТИ),

Дмитрий В. Ефанов, д-р техн. наук, заместитель генерального директора по НИР «Научно-исследовательский и проектный институт Транспортной и строительной безопасности» (НИПИ «ТрансСтройбезопасность»), профессор Высшей школы тран-

спорта Института машиностроения, материалов и транспорта Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого,

Герман В. Осадчий, канд. техн. наук, начальник отдела НИР НИПИ «ТрансСтрой-безопасность».

Мониторинг инженерных сооружений на Крымском мосту // Транспорт РФ. — 2023. — № 5–6 (108–109). — С. 20–24.

Описываются особенности оснащения транспортного перехода через Керченский пролив (Крымского моста) современной системой мониторинга инженерных конструкций и сооружений. Целью такой разработки являлось создание мощной информационной системы для получения объективных данных о техническом состоянии данного стратегически важного для страны объекта. Приводится описание основных особенностей реализованных систем. Освещены нюансы эксплуатации систем мониторинга на автомобильном и железнодорожном переходах. Отмечены пути совершенствования принципов эксплуатации установленных систем, а также развития самой технологии мониторинга на данном уникальном техническом сооружении.

Ключевые слова: система мониторинга инженерных конструкций и сооружений, мостовой переход, сбор и анализ диагностической информации, эксплуатация системы мониторинга, «цифровой двойник» моста.

Контактная информация: tres-4b@
yandex.ru

Александр В. Флегонтов, д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой информационных систем Института информационных технологий и технологического образования ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена».

Решение транспортной задачи с нечеткими потребностями // Транспорт РФ. — 2023. — № 5–6 (108–109). — С. 25–28.

Рассматривается решение транспортной задачи с нечеткими потребностями в случае дефицита запасов. Подобная постановка задачи и способ ее решения относятся к классу мягких вычислений. Используются методы оптимизации решений на основе нечетких множеств и нечеткой логики. Определяются суммарные объемы поставок, при которых совместная потребность оказывается удовлетворенной в наибольшей степени. Вычисляется оптимальный транспортный план, обеспечивающий полученные суммарные объемы поставок и минимальные затраты.

Ключевые слова: мягкие вычисления, нечеткие множества, нечеткая логика, транспортные задачи.

Контактная информация: flegontoff@
yandex.ru

Ирина Г. Матвеева, канд. экон. наук, доцент кафедры «Международный финансовый и управленческий учет» Российского университета транспорта (РУТ) (МИИТ),

Ольга В. Ефимова, д-р экон. наук, заместитель директора по науке Института экономики и финансов, заведующая кафедрой

«Экономика, организация производства и менеджмент» РУТ (МИИТ),

Юлия В. Комарова, ведущий инженер кафедры «Экономика, организация производства и менеджмент» РУТ (МИИТ).

Культура безопасности как часть понятия «устойчивое развитие» на транспорте // Транспорт РФ. — 2023. — № 5–6 (108–109). — С. 29–31.

Чтобы добиться устойчивого развития, опираясь на цели и задачи, сформулированные в резолюции Генеральной Ассамблеи ООН «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года», необходимо решить задачи в области защиты окружающей среды, социальной политики и корпоративного управления. В статье рассмотрены вопросы культуры безопасности как составной части устойчивого развития на транспорте. Культура безопасности на транспортных объектах является элементом достижения целей устойчивого развития и самостоятельным компонентом социального и экологического развития.

Ключевые слова: устойчивое развитие, транспорт, организационная культура, культура безопасности, транспортная инфраструктура, цифровые технологии.

Контактная информация: matveeva07@list.ru

Алексей А. Локтев, д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой «Транспортное строительство» Российского университета транспорта (РУТ) (МИИТ),

Анна В. Сычева, канд. техн. наук, доцент кафедры «Здания и сооружения на транспорте» РУТ (МИИТ),

Вячеслав П. Сычев, д-р техн. наук, профессор кафедры «Транспортное строительство» РУТ (МИИТ).

Временный железнодорожный путь оперативного развертывания на неподготовленном основании // Транспорт РФ. — 2023. — № 5–6 (108–109). — С. 32–34.

Предлагается способ укладки и конструкция оперативного развертывания железнодорожного пути с применением устройств подрельсового основания и мерных рельсов оригинальной конструкции с применением вязкоупругих элементы типа Максвелла и Кельвина–Фойхта. Способ основан на предположении, что железнодорожный путь преобразуется из последовательно соединенных упругих элементов верхнего строения в вязкоупругую конструкцию.

Ключевые слова: оперативное развертывание, железнодорожный путь, рельс, шпала, вязкость, упругость, жидкость Ньютона, модель Максвелла, модель Кельвина–Фойхта.

Контактная информация: aaloktev@yandex.ru

Эльмира Хамраева, аспирант кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС),

Юрий П. Бороненко, д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство» ПГУПС.

Оценка устойчивости скоростной тележки грузового вагона и выбор жесткости поперечной связи боковых рам // Транспорт РФ. — 2023. — № 5–6 (108–109). — С. 35–37.

Целью работы является выбор жесткости на сдвиг в горизонтальной плоскости поперечной связи боковых рам скоростной тележки грузового вагона с конструкционной скоростью 140 км/ч по условию устойчивости тележки и по требованиям прочности и надежности упругого элемента. Сравняются результаты расчета параметров упругого элемента поперечных шарнирных балок с несколькими вариантами жесткости на сдвиг в горизонтальной плоскости. Дана оценка устойчивости скоростной тележки методом цифрового моделирования в программном комплексе «Универсальный механизм». Определено минимальное значение жесткости на сдвиг в горизонтальной плоскости, которое должны обеспечивать поперечные связи боковых рам скоростной тележки грузового вагона. Даны рекомендации по твердости и размерам втулки шарнира поперечных балок. Показаны результаты влияния введения дополнительной связи между боковыми рамами тележки на ее динамические качества.

Ключевые слова: скоростная тележка грузовых вагонов, поперечные связи боковых рам, устойчивость тележки, жесткость поперечной связи, динамика подвижного состава.

Контактная информация: boron49@yandex.ru

Владимир Ф. Куликов, заведующий кафедрой заочного обучения Вологодского техникума железнодорожного транспорта — филиала Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС), аспирант кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» ПГУПС.

Расчетная схема надежности тормозной системы грузового вагона // Транспорт РФ. — 2023. — № 5–6 (108–109). — С. 38–41.

Рассмотрены результаты мониторинга отказов тормозного оборудования грузовых вагонов за 2022 г. по Северной железной дороге. Эти данные сопоставлены с аналогичными показателями по всей сети дорог ОАО «РЖД». Показано, что основным видом отказов тормозной системы грузового вагона является потеря работоспособности воздухораспределителя. Вместе с отказами тормозной магистрали и арматуры тормозного оборудования они составляют от 82 до 87 % от общего числа отказов. Основными причинами неисправности воздухораспределителя являются потеря работоспособности герметизирующих резинотехнических элементов (разрыв, расслоение, надрыв и т.п.) и просадка пружин. На основании анализа данных по отказам выбрана расчетная схема надежности тормозной системы грузового вагона.

Ключевые слова: тормозная система грузового вагона, ретроспективный анализ отказов, расчетная схема надежности, ВЧДЭ-7.

Контактная информация: kulikovvf@mail.ru

Ольга А. Дятлова, аспирант кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.

Обзор методов крепления контейнеров и способов контроля их технического состояния // Транспорт РФ. — 2023. — № 5–6 (108–109). — С. 42–44.

Проанализированы существующие конструкции фитинговых упоров, устанавливаемых на специализированные вагоны-платформы для крепления крупнотоннажных контейнеров, возможные варианты их закрепления, способы контроля технического состояния упоров. Представлены классификация конструкций упоров с точки зрения трех основных общих признаков, варианты закрепления контейнеров от падения при воздействии сильных ветровых нагрузок. Рассмотрены методики контроля технического состояния фитинговых упоров, в том числе инновационные (с использованием видеоэндоскопов). Отмечена невозможность обеспечить безопасность перевозок применяемыми конструкциями упоров и вариантами закрепления контейнеров во избежание падения, что требует конструктивных решений данной проблемы.

Ключевые слова: крупнотоннажные контейнеры, контейнерные перевозки, фитинговый упор, техническое состояние, видеоэндоскоп.

Контактная информация: o_dyatlova@inbox.ru

Владимир Н. Ложкин, д-р техн. наук, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского государственного университета противопожарной службы МЧС России им. Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева.

Контроль загрязнения воздуха в городах с использованием цифровых средств фиксации структуры и интенсивности транспортных потоков // Транспорт РФ. — 2023. — № 5–6 (108–109). — С. 45–48.

Анализируется опыт применения онлайн-информации электронно-цифровых средств видеофиксации структуры и интенсивности транспортных потоков улично-дорожной сети Санкт-Петербурга для расчетного прогнозирования загрязнения воздуха в периоды чрезвычайного экологически опасного сочетания транспортно-метеорологических условий: часы пик суточного автомобильного движения колесных транспортных средств, температурные приземные инверсии при слабой ветровой нагрузке. Разработанная автором методика применена в действующем нормативном региональном документе Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: город, автотранспортный поток, интенсивность движения, метеорологические условия, поллютанты, прогноз.

Контактная информация: vnlojkin@yandex.ru

Igor G. Malygin, Dr. Sci. (engineering), Director of the Institute of Transport Problems named after N. S. Solomenko of the Russian Academy of Sciences (IPT RAS),

Igor V. Gurlev, Dr. Sci. (engineering), chief researcher at the laboratory of problems of organizing transport systems of the IPT RAS.

World transport trends // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 5–6 (108–109). — P. 4–8.

Some foreign and Russian projects were considered regarding the prospects for the development of various types of transport — cars, unmanned taxis, public ground transport, high-speed railway trains, air transport, using new more environmentally friendly types of fuel: electricity, biofuels, solar and wind energy.

Keywords: unmanned electric vehicle, biofuel, unmanned air taxi, high-speed train, solar-powered aircraft, hypersonic aircraft.

Contact information: malygin_com@mail.ru

Petr K. Rybin, Cand. Sci. (engineering), First Pro-rector — Pro-rector for Educational Activities, Professor of the Department of Railway Stations and Junctions at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS),

Vladimir V. Kostenko, Cand. Sci. (engineering), Assistant professor of the Department of Railway Stations and Junctions at PGUPS,

Maxim V. Chetchev, Cand. Sci. (engineering), chief of the Scientific and Educational Centre “Multimodal Transport Systems”, Assistant professor of the Department of Railway Stations and Junctions at PGUPS,

Valentina G. Chetcheva, Railway Engineer, Bachelor of Jurisprudence.

Analysis of terminology in mixed transportation in current regulatory documents // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 5–6 (108–109). — P. 9–14.

The terminology used in the field of mixed transportation, as defined by current regulatory documents, has been analyzed. The main criteria characterizing the examined terms have been formulated. Comparative tables have been developed based on these criteria, showing discrepancies in the interpretation of the applied terms. As a result of summarizing the common criteria, a version of the examined definitions of transportation: “direct mixed”, “multimodal” and “intermodal” has been proposed. The conducted research confirmed the existence of discrepancies in the set of criteria characterizing the terms used in the field of mixed transportation. The developed comparative tables are recommended for use as a basis for forming a unified terminological database.

Keywords: mixed transportation, terminology, regulatory documents, comparative tables, mixed transportation operator, unified transportation document, aggregated cargo unit.

Contact information: mts@pgups.ru

Alexander I. Dolgiy, Cand. Sci. (engineering), Director general of Joint-Stock Company “Scientific Research and Project Design Institute for Informatization, Automation and Communication in Railway Transport” (JSC “NIAS”),

Alexander G. Sakharov, Head of Business Unit Management Department “Railway Transportation and Infrastructure” of JSC “Russian Railways”,

Mikhail A. Dezhkov, Deputy Head of the Department of Scientific Research, Analysis and Improvement of Scientific and Technical Activities of JSC “NIAS”,

Sergei A. Makievsky, Instructor Locomotive Crew of Operational Locomotive Depot Khabarovsk – II of JSC “Russian Railways”,

Mark A. Chernin, Head of Scientific and Technological Expertise Center of JSC “NIAS”.

“The Virtual Coupling” at the Eastern Testing Ground: Achieved Effects and Development Directions // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 5–6 (108–109). — P. 15–19.

The results of the work on the implementation of the innovative technology of interval train control called “virtual coupling” are presented. The technical and technological solutions and hardware-software tools that allow to implement train traffic with minimum intervals using the VC system via a digital radio channel and intelligent “automatic driving” systems while ensuring compliance with traffic safety requirements are considered. The results of testing and controlled operation of implemented technologies at the Eastern Testing Ground of the JSC “Russian Railways” network during the period 2019–2023 are presented, as well as the socio-economic effects achieved during this period. The conclusion is drawn about the prospects of using knowledge-intensive technical and technological solutions such as “virtual coupling” to increase the capacity of railways on existing infrastructure.

Keywords: interval train control, “virtual coupling” technology, traffic safety, intelligent automatic driving systems, locomotive safety devices, simulation modeling, digital radio communication tools, railway section capacity, economic efficiency.

Contact information: nik-sazonov@yandex.ru

Valery N. Myachin, Dr. Sci. (engineering), Director general of LLC “Scientific Research and Design Institute for Territorial Development and Transport Infrastructure” (NIPITRTI),

Dmitry V. Efanov, Dr. Sci. (engineering), Deputy director general for R&D of the “Scientific Research and Design Institute for Transport and Construction Safety” (NIPI “TransStroybezopasnost”), professor at the Higher School of Transport of the Institute of Mechanical Engineering, Materials and Transport of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,

German V. Osadchiy, Cand. Sci. (engineering), Head of R&D Department of NIPI “TransStroybezopasnost”.

Monitoring of Engineering Structures on the Crimean Bridge // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 5–6 (108–109). — P. 20–24.

The features of equipping the transportation passage across the Kerch Strait (Crimean Bridge) with a modern system for monitoring engineering structures and constructions are described. The purpose of this development was to create a powerful information system for obtaining objective data on the technical condition of this strategically important object for the country. The description of the main features of the implemented systems is provided. The nuances of operating monitoring systems on road and railway crossings are highlighted. Ways to improve the principles of operating the installed systems, as well as the development of the monitoring technology itself on this unique technical structure, are noted.

Keywords: system for monitoring engineering structures and constructions; bridge passage; collection and analysis of diagnostic information; operation of the monitoring system; “digital twin” of the bridge.

Contact information: tres-4b@yandex.ru

Alexander V. Flegontov, Dr. Sci. (physics and mathematics), Department chair of Information Systems at the Institute of Information Technologies and Technological Education of the Russian State Pedagogical University named after A. I. Herzen.

Solving the transportation problem with fuzzy demands // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 5–6 (108–109). — P. 25–28.

The solution of the transportation problem with fuzzy demands in case of inventory shortage is considered. Such problem formulation and its solution method belong to the class of soft computing. Optimization methods based on fuzzy sets and fuzzy logic are used. The total volumes of supplies are determined, at which the joint demand is satisfied to the greatest extent. An optimal transportation plan is calculated, which ensures the obtained total volumes of supplies and the minimum costs.

Keywords: soft computing, fuzzy sets, fuzzy logic, transportation problems.

Contact information: flegontoff@yandex.ru

Irina G. Matveeva, Cand. Sci. (economy), Assistant professor of the Department of International Financial and Managerial Accounting at the Russian University of Transport (RUT) (MIIT),

Olga V. Efimova, Dr. Sci. (economy), Deputy director for Science at the Institute of Economics and Finance, Department chair of Economics, Production Organization, and Management at RUT (MIIT),

Yulia V. Komarova, Lead engineer of the Department of Economics, Production Organization, and Management at RUT (MIIT).

Safety culture as a part of the concept of “sustainable development” in transportation // Transport of Russia. — 2023. — No. 5-6 (108–109). — P. 29–31.

To achieve the goals of sustainable development, based on the goals and objectives outlined in the UN General Assembly resolution “Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development,” it is necessary to address the challenges in the areas of environmental protection, social policy, and corporate governance. The article discusses the issues of safety culture as an integral part of sustainable development in transportation. Safety culture in transportation facilities is a component of achieving sustainable development goals and an independent component of social and environmental development.

Keywords: sustainable development, transportation, organizational culture, safety culture, transportation infrastructure, digital technologies.

Contact information: matveeva07@list.ru

Alexey A. Loktev, Dr. Sci. (physics and mathematics), Department chair of “Transport Construction” at the Russian University of Transport (RUT) (MIIT),

Anna V. Sycheva, Cand. Sci. (engineering), Assistant professor of the Department of “Buildings and Structures in Transport” at RUT (MIIT),

Vyacheslav P. Sychev, Dr. Sci. (engineering), Professor of the Department of “Transport Construction” at RUT (MIIT).

Temporary railway track for rapid deployment on unprepared foundations // Transport RF. — 2023. — No. 5–6 (108–109). — P. 32–34.

A method of laying and constructing a temporary railway track using under-rail base devices and measuring rails of original design with the use of viscoelastic elements of the Maxwell and Kelvin-Voigt types. The method is based on the assumption that the railway track converts from a sequentially connected elastic elements of the superstructure into a viscoelastic structure.

Keywords: rapid deployment, railway track, rail, sleeper, viscosity, elasticity, Newtonian fluid, Maxwell model, Kelvin-Voigt model.

Contact information: aaloktev@yandex.ru

Elmira Khamraeva, Post-graduate student at the Department of “Cars and Carriage Management” of the Emperor Alexander I St. Petersburg State University of Railway Communications (PGUPS),

Yuri P. Boronenko, Dr. Sci. (engineering), Department chair of “Cars and Carriage Management” of the PGUPS.

Stability assessment of a high-speed bogie of a freight wagon and choice of the

stiffness of the transverse connection of the side frames // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 5–6 (108–109). — P. 35–37.

The aim of the work is to choose the stiffness in horizontal plane shift of the transverse connection of the side frames of the high-speed bogie of a freight wagon with a design speed of 140 km/h, based on the stability of the bogie and the strength and reliability requirements of the elastic element. A comparison of the calculation results of the parameters of the elastic element of the transverse hinge beams with several variants of stiffness in horizontal plane shift was carried out. An assessment of the stability of the high-speed bogie was made using the digital modeling method in the “Universal Mechanism” software package. The minimum value of the stiffness in horizontal plane shift, which the transverse connections of the side frames of the high-speed bogie of a freight wagon should provide, was determined. Recommendations on the hardness and dimensions of the hinge bushing of the transverse beams were given. The results of introducing an additional connection between the side frames of the bogie on its dynamic characteristics were shown.

Keywords: high-speed bogie of freight wagons, transverse connections of side frames, bogie stability, transverse connection stiffness, dynamics of rolling stock.

Contact information: boron49@yandex.ru

Vladimir F. Kulikov, chair Distance Learning Department at Vologda Railway Technical School — a branch of the Emperor Alexander I St. Petersburg State University of Railway Engineering, post-graduate student of the “Wagons and Wagon Management” department at PGUPS.

Reliability Calculation Scheme of Freight Wagon Brake System // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 5–6 (108–109). — P. 38–41.

The results of monitoring failures of the brake equipment of freight wagons on the Northern Railway in 2022 are examined. A comparison of these data with similar indicators across the entire network of Russian Railways is carried out. It is shown that the main type of failures in the brake system of a freight wagon is the loss of functionality of the air distributor. Along with failures of the brake mainline and brake equipment fittings, they account for 82–87 % of the total number. The main causes of failure of the air distributor are the loss of functionality of sealing rubber elements (rupture, delamination, tearing, etc.) and spring sagging. Based on the analysis of the failure data, a reliability calculation scheme for the brake system of a freight wagon is selected.

Keywords: freight wagon brake system, retrospective failure analysis, reliability calculation scheme, VChDE-7.

Contact information: kulikovvf@mail.ru

Olga A. Dyatlova, Post-graduate student at the Department of Wagons and Wagon Management at the Emperor Alexander I St. Petersburg State University of Railway Communications.

Review of methods for securing containers and monitoring their technical condition // Transportation of the Russian Federation. — 2023. — No. 5–6 (108–109). — P. 42–44.

The analysis of existing designs of fitting braces installed on specialized flat cars for securing large-tonnage containers, possible options for their fastening, and methods of monitoring the technical condition of braces has been carried out. The classification of brace designs from the standpoint of three main common features, options for securing containers from falling under strong wind loads, is presented. Existing methods for monitoring the technical condition of fitting braces, including innovative ones (using video endoscopes), are considered. The impossibility of ensuring the safety of transportation with existing brace designs and options for securing containers from falling is noted, which requires the search for design solutions capable of solving this problem.

Keywords: large-tonnage containers, container transportation, fitting brace, technical condition, video endoscope.

Contact information: o_dyatlova@inbox.ru

Vladimir N. Lojkin, Dr. Sci. (engineering), Professor of the Department of Fire, Emergency and Rescue Equipment, and Motor Fleet at the St. Petersburg University of the State Fire Service of the EMERCOM of Russia named after Hero of the Russian Federation Army General E. N. Zinichev.

Air Pollution Control in Cities Using Digital Tools for Recording the Structure and Intensity of Traffic Flows // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 5–6 (108–109). — P. 45–48.

The experience of using online information from electronic-digital means of video recording the structure and intensity of traffic flows on the road network of St. Petersburg is analyzed for calculating the forecast of air pollution during periods of extremely environmentally hazardous combinations of transport and meteorological conditions: peak hours of daily motor vehicle traffic, temperature inversions at ground level during weak wind load. The methodology developed by the author has been implemented in the current regulatory regional document of the Committee for Nature Management, Environmental Protection, and Environmental Safety Provision of the Government of St. Petersburg.

Keywords: city, traffic flow, traffic intensity, meteorological conditions, pollutants, forecast.

Contact information: vnlojkin@yandex.ru



Научно-исследовательские институты и центры Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I

**Центр компьютерных
и железнодорожных технологий**
(812) 457-89-01

**Институт прикладной экономики
и бухгалтерского учета
железнодорожного транспорта**
(812) 572-62-55

**Испытательный центр
“Экологическая безопасность
и охрана труда”**
(812) 457-88-19, (812) 457-87-15

Центр транспортной безопасности (ЦТБ)
(812) 233-84-70, (812) 498-40-72

**Научно-образовательный центр
инновационного развития пассажирских
железнодорожных перевозок**
(812) 570-75-55



Общероссийская общественная организация

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА В ЦИФРАХ

Академия включает
47 РЕГИОНАЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЯ



СОСТАВ ОО «РАТ» В 2023 ГОДУ

> **680** УЧЕНЫХ-
ТРАНСПОРТНИКОВ:

170 ДОКТОРОВ НАУК

510 КАНДИДАТОВ НАУК

260 ПОЧЕТНЫХ ЧЛЕНОВ РАТ



ДАТА ОСНОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
ТРАНСПОРТА:

26 июня 1991 года

В 2021–2023 годах:

ПРОВЕДЕНО БОЛЕЕ **150** МЕРОПРИЯТИЙ
(В ТОМ ЧИСЛЕ ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦИЙ)

ВЫШЛО В СВЕТ БОЛЕЕ **1000** ПУБЛИКАЦИЙ
И МОНОГРАФИЙ В РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ ИЗДАНИЯХ

БОЛЕЕ 3500 СПЕЦИАЛИСТАМ В ОБЛАСТИ ТРАНСПОРТА
И ТРАНСПОРТНОЙ НАУКИ РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА
ОПЛАТИЛА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
ПО АКТУАЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ ОБУЧЕНИЯ

ЗАПУЩЕНА ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА РАТ

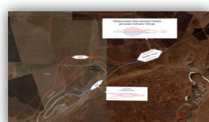
ПРОВЕДЕНЫ 4 КРУПНЫХ ОБЩЕАКАДЕМИЧЕСКИХ
МЕРОПРИЯТИЯ, В Т. Ч. КОНФЕРЕНЦИЯ «РОЛЬ НАУКИ
В ОБЕСПЕЧЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ
ТРАНСПОРТА» В РАМКАХ XVI МЕЖДУНАРОДНОГО ФОРУМА
И ВЫСТАВКА «ТРАНСПОРТ РОССИИ — 2022»

ПРИНЯТО 60 ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ЧЛЕНА,
СОЗДАНО 4 НОВЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЯ.
ТЕРРИТОРИЯ ПРИСУТСТВИЯ РАТ – 47 РЕГИОНОВ

САЙТ И НОВОСТНЫЕ ПОРТАЛЫ АКАДЕМИИ
ПОСЕЩАЕТ БОЛЕЕ 3500 ЧЕЛОВЕК ЕЖЕДНЕВНО



Основные направления деятельности



Разработка концепций, технико-экономических обоснований строительства объектов транспортной инфраструктуры



Проведение комплексных научно-исследовательских работ



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



Разработка предложений по повышению перерабатывающей способности станций, разработка имитационной модели



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



Разработка комплексных схем организации улично-дорожной сети



Разработка схем транспортного планирования и комплексных планов развития транспортной инфраструктуры регионов