

Содержание



АКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

XVII Международная научно-техническая конференция
«Подвижной состав XXI века:
идеи, требования, проекты»3

ГОСУДАРСТВО И ТРАНСПОРТ

О. В. Трофимцева, В. М. Бунеев.
Анализ перспективных схем доставки нефтехимической
продукции из Сибирского и Уральского федеральных
округов на экспорт 4

**Ю. П. Бороненко, С. В. Дмитриев, А. Б. Юдин,
О. Г. Пригорелов, С. А. Лопатин.**
Совершенствование вагонов санитарных поездов
для обеспечения эвакуации раненых 10

ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ

Д. А. Мачерет, А. Д. Мачерет.
Стратегическая сегментация рынка грузовых
железнодорожных перевозок 15

IT-ТЕХНОЛОГИИ

Н. И. Григоренко, В. А. Гутников.
Система распознавания объектов беспилотных
автомобилей в условиях бездорожья 20

ВЫСОКОСКОРОСТНОЕ ДВИЖЕНИЕ

С. А. Смирнов, О. Ю. Смирнова.
Отечественный магнитолевитационный транспорт:
потенциал и перспективы развития 28

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

А. М. Орлова, К. П. Демин, Р. В. Попеску.
Как повысить эффективность полувагона: направления
снижения технического коэффициента тары 33

ГОРОД И ТРАНСПОРТ

А. В. Меженков.
Изменение площади конфликтных областей
на регулируемом перекрестке 39

Ю. А. Щукин, М. Г. Бояршинов, Д. В. Артеменко.
Закономерности использования
парковочного пространства 44

ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА И ТЕХНИКА

А. И. Алексеев.
Способы и устройства крепления
съёмных кузовов вагонов..... 51

Аннотации..... 54

Abstracts 55

Транспорт Российской Федерации

Журнал о науке, экономике,
практике

УЧРЕДИТЕЛИ

Российская академия транспорта,
Петербургский государственный
университет путей сообщения

Главный редактор
Александр Мишарин

Заместитель главного редактора
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 14.11.2023.

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 «АЙЛОТ», 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, проректор 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

XVII Международная научно-техническая конференция «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты»

21–23 августа 2023 года в г. Санкт-Петербурге состоялась XVII Международная научно-техническая конференция «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты».

Ее организаторами выступили Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра, Научно-внедренческий центр «Вагоны», Союз «Объединение вагоностроителей», Всесоюзный научно-исследовательский центр транспортных технологий, Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта, Холдинг «РМ Рейл».

В работе конференции приняли участие более 120 человек: руководители, разработчики, конструкторы вагоностроительных заводов, сотрудники научно-

исследовательских институтов, вузов и испытательных центров, работники служб вагонного хозяйства и технической политики компаний-операторов и других предприятий, связанных с созданием, ремонтом, эксплуатацией и обслуживанием подвижного состава.

В частности, в форуме помимо организаторов участвовали члены Ассоциации «Объединение производителей железнодорожной техники», СРО «Союз операторов железнодорожного транспорта» и других отраслевых объединений, а также представители науки

и машиностроения Беларуси и Узбекистана.

Работа конференции была организована в очном формате. Проведены два пленарных заседания и работа по секциям: «Подвижной состав», «Научные аспекты развития процессов в вагонном хозяйстве» (совместно с конференцией АО «ВНИИЖТ» «Наука 1520»), «Динамика, диагностика и испытания подвижного состава».

Всего на конференции были представлены 123 доклада. Некоторые статьи по материалам выступлений публикуются в настоящем выпуске журнала. T



Участники конференции у Дворца Юсуповых на Фонтанке (ныне учебный корпус ПГУПС)

Анализ перспективных схем доставки нефтехимической продукции из Сибирского и Уральского федеральных округов на экспорт



О. В. Трофимцева,
аспирант Сибирского
государственного
университета водного
транспорта (СГУВТ)



В. М. Бунеев,
докт. экон. наук,
профессор кафедры
«Управление
работой флота»
СГУВТ

Проблема проектирования новых транспортно-логистических систем представляет собой комплекс задач, основная из которых — техническое обоснование схем доставки грузов. Актуальность поиска новых логистических маршрутов обострилась в связи с санкциями в отношении России, наложенными Евросоюзом, США и их союзниками в течение 2022–2023 гг.

Санкции (рестрикции) предусматривают беспрецедентные ограничения для российских компаний на покупку и реализацию товаров, банковские взаиморасчеты, транспортировку грузов в экспортном, импортном и транзитном направлениях, что отразилось на всем транспортно-логистическом комплексе Азии.

Российское логистическое сообщество оперативно перестроило грузопотоки на порты Дальнего Востока и сухопутные пограничные переходы (Забайкальск — Манчжурия, Наушки — Эрлянь, Гродеково — Суйфэнхэ, Достык — Алашанькоу, Хоргос), однако на 100 % решить экспортные задачи с помощью имеющейся железнодорожной инфраструктуры невозможно из-за ее ограниченной пропускной способности и большого количества конкурирующих грузов: нефтехимии, сельскохозяйственной продукции, растительного и индустриального масла, угля, удобрений, руды, сплавов, жмыха, шрота, продуктов питания, пило- и строительных материалов, товаров народного потребления и др.

На примере крупнейшего производственного предприятия ПАО «СИБУР-Холдинг», в состав которого входят нефтехимические компании ООО «ЗапСибНефтехим» (Тобольск, УФО) и ООО «Томскнефтехим» (Томск, СФО) [1] рассмотрим новые варианты доставки нефтехимической продукции в Шанхай в контейнерном оборудовании.

Значительное увеличение потока грузов на восток в страны АТР привело к необходимости введения «Временных правил определения очередности перевозок грузов», согласно которым уголь получает

приоритетный порядок (не менее 70 % от всего отгружаемого из СФО груза) [2]. Это создает еще большую конкуренцию между остальными экспортируемыми грузами за место в ограниченной транспортной инфраструктуре Восточного полигона.

Участники ВЭД отмечают снижение количества согласованных экспортных специализированных контейнерных поездов по разным группам товаров от 3 до 10 раз по сравнению с досанкционными временами, а также по сравнению с тем, что требуют производственные мощности предприятий и международные контракты по поставкам. Как следствие, экспортеры наблюдают отклонение заявок ГУ-12 в системе ЭТРАН, нерегулярный забор поездов со станций, периодическую публикацию конвенций о запрете отправок поездов в адрес конкретных станций Дальнего Востока.

Актуальность темы поиска новых транспортных маршрутов дополнительно подчеркивается уже более чем тридцатилетним интересом удешевления экспортных схем доставки всех участников ВЭД СФО и УФО в связи с высокой затратной частью на логистику по территории России до морских пограничных переходов к самому дешевому виду транспорта — морским судам [3].

Между тем перспективы нефтехимической отрасли таковы. В период до 2027 г. Grand View Research прогнозирует стабильный рост рынка на 5 %, который обусловлен растущим спросом на продукты переработки и сбыта в отраслях конечного потребления и увеличением мощностей в базовой химической промышленности. Ожидается, что основной прирост спроса



Рис. 1. Готовая продукция предприятий группы СИБУР (полиэтилен) (а) и способ упаковки (б) [4]

придется на страны АТР. Согласно ожиданиям экспертов, глобальный рынок нефтехимии, который в 2020 г. оценивался в \$61 млрд а в 2022-м — в \$672 млрд к 2027 г. должен достичь почти \$800 млрд» [5].

Это также свидетельствует об актуальности рассматриваемой темы и соответствует плану Правительства РФ, зафиксированному в ряде стратегических документов, в том числе в проекте «Развитие Севморпути»: в 2024 г. осуществить перевозку по СМП 80 млн т, в 2030 г. — 150 млн т, в 2035 г. — 200 млн т.

Исходные данные для схем доставки нефтехимической продукции сибирских компаний на экспорт

На основании тендерной документации компаний группы СИБУР определено:

- 1) пункты производства и хранения продукции, подготовленной к отправкам на экспорт:
 - ООО «ЗапСибНефтехим»: Тюменская область, г. Тобольск, Восточный промышленный район, квартал 9 (далее — пункт № 1). Мощность производства 680 тыс. т/сут. Инфраструктура: собственные железнодорожные и автомобильные транспортные пути, близость к причалам ООО «Тобольск-Нефтехим» (промышленный специализированный причал) и ОАО «Тобольский речной порт»;
 - ООО «Томскнефтехим»: г. Томск, ул. Кузавлевский тракт, д. 2, стр. 202 (далее — пункт № 2). Мощность производства 820 тыс. т/сут. Инфраструктура: собственные железнодорожные и автотранспортные подъездные пути, контейнерная площадка, близость речного порта «Томский

речной порт» и «Речного терминала», автомобильная доступность железнодорожных станций Томск-Грузовой и др.;

2) вид упаковки и масса грузового места (брутто): мешки на паллетах до 1,4 т, биг-бэги на паллетах до 1,2 т размещаются в контейнере в один ярус (рис. 1б);

3) тип контейнерного оборудования: 40НС, адаптированные к процессу погрузки на обозначенных заводах, соответствуют международным стандартам ISO 668:1995 «Series 1 freight containers — classification, dimensions and ratings», разработанному на их основе ГОСТ Р 53350-2009 «Контейнеры грузовые серии 1. Классификация, размеры и масса», а также действующим требованиям на территории РФ: типоразмер 1ААА (длина 40 футов (12,19 м), высота 9 футов 6 дюймов (2,896 м), ширина 8 футов (2,44 м), массой 3,65–4,2 т. Транспортировка нефтехимической продукции осуществляется в 40-футовых контейнерах российских и китайских собственников при условии предоставления срока пользования 50–70 сут., исчисляемых с момента получения порожнего контейнера в стоке в РФ, завершающих срок пользования в дату сдачи порожнего контейнера в КНР;

4) норма массы груза в контейнере типоразмера 40НС (нетто):

- 26 т для маршрутов, включающих железнодорожное плечо в логистическую цепочку — данная норма используется на практике в схемах 1–3 (табл. 2) и 2–3 (табл. 3);

Таблица 1. Исследование технической готовности речных и морских транспортных узлов к включению в экспортную транспортно-логистическую схему

Технические характеристики	Дудинка	Красноярск	Лесосибирск	Сабетта	Тобольск	Томск	Хабаровск	Николаевск-на-Амуре	Архангельск
Класс судов (река / море)	р/м	р	р	м	р	р	р	р/м	р/м
Направление движения судов по реке	↑ до СМП	↑ до Дудинки	↑ до Дудинки	↑ до СМП	↑ до СМП	↑ до СМП	↑ до Охотского моря	↑ до Охотского моря	↑ до СМП
Гарантированная глубина у причальной стенки, м	3,5 / 12,0	2,9	3,0	15,1	2,1	1,8	3,2	4,0 / 6,0	9,3 \ 15,0
Начало навигации 2023 г.	кр. год	28.04	25.05	кр. год.	23.04	29.04	01.05	кр. год	кр. год
Кол-во причалов, ед.	8 м / 23 р	18	6	11	8	8	6	17	70
Протяженность причальной стен Σ, м	1723	2612	660	2300	800	781	565	1500	3300
Работа с контейнерами 40НС	да	да	да	да	да	да	да	да	да
Наличие кранов г/п 35 т	да	да	нет	да	нет	нет	да	нет	да
Таможенный пост	да	нет	нет	да	нет	нет	да	да	да

– 28 т для маршрутов, которые используют только речной и морской флот в логистической схеме — предложение, выдвигаемое в рамках настоящего исследования в связи с отсутствием необходимости соблюдать требования РЖД.

Действующая транспортная инфраструктура

Эффективность использования речного, морского, автомобильного и железнодорожного транспорта, а также их комбинаций находится в прямой зависимости от имеющейся соответствующей инфраструктуры в пунктах производства груза, промежуточных транспортных узлах смены вида транспорта, а в перспективе — от готовности инвесторов создавать, развивать и технически оснащать новые маршруты.

Рассмотрим в табличном виде пункты, которые могут быть задействованы в схемах доставки экспортируемой из Тобольска и Томска продукции как начальные, промежуточные и конечные. По сведениям *табл. 1* можно сделать выводы:

1) порты в пунктах Дудинка, Красноярск, Сабетта, Хабаровск, Архангельск технически допустимо включить в транспортно-логистические схемы в том состоянии, в которых они находятся в 2023 г.;

2) порты в Лесосибирске, Тобольске, Томске, Николаевске-на-Амуре требуют существенных инвестиционных вложений на покупку кранов грузоподъемностью свыше 35 т, ричстакеров для работы с автоконтейнеровозами и железнодорожными платформами в тылу линии причалов, постройку специализированных причальных стенок и контейнерных площадок, а также юридически значимых действий, например, в части открытия зон таможенного контроля.

Маршруты перевозки

В качестве маршрутов определены варианты схем доставки: 7 из Тобольска (*табл. 2*) и 7 из Томска (*табл. 3*). Маршруты отображены двумя строками: верхняя обозначает пункты, нижняя — вид транспорта, задействованного между пунктами, таким образом визуальное восприятие упрощается.

Следует отметить, что в 12 из 14 предложенных маршрутов участвует речной транспорт, в 10 — Северный морской путь (СМП). Такая постановка исследования транспортно-логистических систем заслужила внимание при решении аналогичных проблем. В частности, предлагаются варианты переключения грузопотоков

Восточного полигона на речной транспорт и СМП [6].

На Дальнем Востоке контейнерные терминалы в ПАО «ВМТП», ООО «ВМКТ» в Рыбном порту, ООО «Пасифик Лоджистик» («Соллерс»), ООО ВМП «Первомайский», АО «Восточный Порт» в пгт Врангель в транспортных схемах *табл. 2* и *3* числятся под общим названием «порт ДВ». Предлагается считать их технически соответствующими по всем критериям и автоматически допустимыми к включению в экспортные транспортные схемы ввиду того, что они уже десятки лет круглогодично работают с контейнерным оборудованием любого направления перевозки, в том числе как промежуточные — для смены судна по аналогии с корейским портом Bussan (transshipment).

В рамках данной статьи не рассматриваются маршруты через порты Финского и Азово-Черноморского бассейнов на Шанхай, поскольку эти схемы доставки уже действуют (линии судоходных компаний: FESCO (ПАО «ДВМП»), Medeterian Shipping Company S. A. (MSC), China Ocean Shipping Company (COSCO), ECONSHIP, SITC International Holdings Co., Ltd и др.).

Дополнительные доводы: сроки доставки через западные порты РФ более продолжительные; затраты на доставку грузов СФО и УФО до западных морских портов в сумме с морским фрахтом до Шанхая выше, чем до портов Дальнего Востока в связи с наличием регулярных ускоренных контейнерных поездов, что важно для небольших контейнерных партий и графиков-ноток для поездных отгрузок.

Методы и материалы исследования

С позиции системного подхода задача обоснования транспортно-логистических схем (ТЛС) доставки грузов рассматривается в качестве компонента методического инструментария (комплекса задач) решения проблемы проектирования подобных систем [7–9]. Кроме того, транспортно-логистическая система доставки нефтехимической продукции рассматриваемых компаний представляется как элемент (подсистема) региональной и международной ТЛС.

Региональная транспортно-логистическая система представляет собой совокупность функциональных и обеспечивающих подсистем, состоящей из многочисленных взаимодействующих и взаимосвязанных элементов и звеньев региональной сети.

Межрегиональные и международные ТЛС формируются на основе интеграции

между регионами и крупными транспортными узлами, расположенными в зоне тяготения к существующим и проектируемым международным транспортным коридорам [7].

В качестве методического инструментария обоснования транспортно-логистических схем доставки нефтехимической продукции на экспорт принят SWOT-анализ (*табл. 4*). Подробно раскроем суть критериев оценки, вынесенных в ее столбцы.

I — увеличение грузовой базы Севморпути; участие схемы в госпрограмме развития СМП и международного транспортного коридора, создание конкуренции Суэцкому каналу; закрепление позиций РФ на Севере;

II — полное переключение потока грузов на водные виды транспорта как на самый дешевый, возможность использовать контейнерный парк на 100 % грузоподъемности, что выше норматива РЖД;

III — развитие речного вида транспорта для нужд внутрироссийских и внешне-торговых грузоперевозок, контейнеризация внутрироссийских речных перевозок;

IV — применение преимуществ железнодорожного вида транспорта;

V — продолжительность речной навигации свыше 130 сут.;

VI — наличие кранов грузоподъемностью 35 т;

VII — возможность продлить срок работы маршрута при помощи ледокольного флота;

VIII — наличие зон таможенного контроля во всех узлах перевалки контейнеров кроме города происхождения;

IX — наличие соответствующего речного и морского флота в бассейне выполнения схемы перевозки в достаточном количестве;

X — субсидирование перевозок СМП, иное участие государственных инвестиций;

XI — стабильность глубины судового хода на реке в течение периода навигации, отсутствие необходимости производить дноуглубительные работы;

XII — исполнимость нормативного срока использования контейнерного оборудования 50–70 суток (исчисляется с даты получения порожнего контейнера в стоке РФ под перевозку на экспорт по дате сдачи в стоке г. Шанхая);

XIII — отсутствие в транспортной схеме экспортных припортовых станций ДВ, станций Восточного полигона в маршруте;

XIV — отсутствие необходимости привлекать существенные инвестиции для

Таблица 2. Схемы доставки экспортных грузов предприятия «ЗапСибНефтехим» (Тобольск)

№	Пункт №1 (Тобольск)	1 плечо	Узел №1	2 плечо	Узел №2	3 плечо	Узел №3	4 плечо	Пункт назначения
01.янв	Завод	→	Тобольский реч. порт	→	порт Сабетта	→	порт ДВ	→	CFR порт Шанхай
	23 км (автодорога)		речной тр. (Иртыш и Обь)		СМП		мор. тр-т		
1-2(л)	ЖД путь завода	→	Лесосибирский реч. порт	→	порт Дудинка	→	порт ДВ	→	CFR п. Шанхай
	поезд 76*40НС		речной тр. (Енисей)		СМП		мор. тр-т		
1-2(к)	ЖД путь завода	→	Красноярский реч. порт	→	порт Дудинка	→	порт ДВ	→	CFR п. Шанхай
	поезд 76*40НС		речной тр. (Енисей)		СМП		мор. тр-т		
01.мар	ЖД путь завода	→	ЖД пути портов ДВ	→	CFR п. Шанхай				
	поезд 76*40НС		мор. тр-т						
01.апр	ЖД путь завода	→	Лабитнанский реч. порт	→	порт Сабетта	→	порт ДВ	→	CFR п. Шанхай
	поезд 76*40НС		речной тр. (Обская Губа)		СМП		мор. тр-т		
01.май	ЖД путь завода	→	Хабаровский реч. порт	→	Порт Николаевск-на-Амуре	→	порт ДВ	→	CFR п. Шанхай
	поезд 76*40НС		речной тр.(Амур)		мор. транспорт		мор. тр-т		
01.июн	ЖД путь завода	→	Архангельский мор. порт	→	порт ДВ	→	CFR п. Шанхай		
	поезд 76*40НС		СМП		мор. тр-т				

Таблица 3. Схемы доставки экспортных грузов с предприятия «Томскнефтехим» (Томск)

№	Пункт №2 (Томск)	1 плечо	Узел №1	2 плечо	Узел №2	3 плечо	Узел №3	3 плечо	Пункт назначения
02.янв	Склад завода	→	Томский реч. порт	→	порт Сабетта	→	порт ДВ	→	CFR п. Шанхай
	16 км (автодорога)		речной тр. (Томь, Обь)		СМП		мор. тр-т		
2-2(л)	ЖД путь завода	→	Лесосибирский реч. порт	→	порт Дудинка	→	порт ДВ	→	CFR п. Шанхай
	поезд 76*40НС		речной тр. (Енисей)		СМП		мор. тр-т		
2-2(к)	ЖД путь завода	→	Красноярский реч. порт	→	порт Дудинка	→	порт ДВ	→	CFR п. Шанхай
	поезд 76*40НС		речной тр. (Енисей)		СМП		мор. тр-т		
02.мар	ЖД путь завода	→	ЖД пути портов ДВ	→	CFR п. Шанхай				
	поезд 76*40НС		мор. тр-т						
02.апр	ЖД путь завода	→	Лабитнанский реч. порт	→	порт Сабетта	→	порт ДВ	→	CFR п. Шанхай
	поезд 76*40НС		речной тр.		СМП		мор. тр-т		
02.май	ЖД путь завода	→	Хабаровский реч. порт	→	порт Николаевск-на-Амуре	→	порт ДВ	→	CFR п. Шанхай
	поезд 76*40НС		речной тр.		мор. тр-т		мор. тр-т		
02.июн	ЖД путь завода	→	Архангельский мор. порт	→	порт ДВ	→	CFR п. Шанхай		
	поезд 76*40НС		СМП		мор. тр-т				

дооснащения инфраструктуры транспортного маршрута;

XV — задействовано 2 вида транспорта в пути (железнодорожный, речной и (или) морской), не считая автоконтейнеровозов на первом и последнем плече маршрута;

XVI — схема обладает критерием новизны;

XVII — отсутствие необходимости взаимодействовать с частными непубличными субъектами прав на использование инфраструктуры.

В ячейках пересечения строки с номером схемы и столбца с порядковым номером критерия проставляется значок «+», если критерий оказывает положительный эффект в данной схеме, после чего

суммируется количество знаков «+». Результат сложения отображается в колонке «Итого», на основании которой проставляется рейтинг по принципу: чем больше значение в колонке, тем выше рейтинг.

Полученные результаты

Анализируя результаты сравнения сильных сторон схем, отраженных в табл. 2 и 3, отметим, что действующие схемы перевозки грузов каждого пункта отправления, а именно 1–3, 2–3, оценены в SWOT-анализе и претендуют на 5-е место, но не берутся во внимание, поскольку схемы не обладают критерием новизны, их участие в анализе считаем условным для целей сравнения маршрутов с тех-

нической и экономической точек зрения с новыми перспективными схемами.

Дальнейшая разработка технологий перевозок, техническое обоснование, решение вопросов необходимости привлечения инвестиций и оптимизации издержек, оценка перспектив и рисков реализации предлагаемых маршрутов будет производиться для схем с самым высоким рейтингом:

- во-первых: 1–6 и 2–6 — через порт Архангельск и СМП. В этом варианте есть возможность при помощи ледокольной проводки закрывать транспортные потребности по экспорту круглый год;
- во-вторых: 1–2(к) и 2–2(к) — через морской порт Дудинка, где грузопотоки



Рис. 2. Грузовой теплоход проекта 936 с контейнерами



Рис. 3. «Таймыр», универсальное грузовое судно с контейнерами

«ЗапСибНефтехим» и «Томскнефтехим» могут объединяться. При этом в перспективе при наличии инвестиций к данной схеме может быть подключен пункт перевалки в г. Лесосибирске согласно схемам 1–2(л) и 2–2(л), где преимуществом является более продолжительный период навигации и более стабильные условия судоходства, так как на участке Красноярск — Стрелка (устье р. Ангары) наблюдается снижение глубин судового хода в меженный период;

– в-третьих: 1–5 и 2–5 — через порт Комсомольск-на-Амуре, где грузопоток могут забирать суда смешанного (река-море) плавания (например, проект 292) либо каботажное морское судно и доставлять до порта ДВ, несущего функцию порта transshipment, далее после консолидации партий в порту ДВ груз направляется морским судном со статусом «таможенный перевозчик» до китайского порта Шанхай, а также в другие страны Юго-Восточной Азии.

По железной дороге перевозка осуществляется на фитиновых платформах, по рекам — на несамоходных судах-площадках проекта Р-56 и 82260, грузовых теплоходах проекта 936 (рис. 2), 573 и др., по морю — на судах-контейнеровозах и универсальных судах (рис. 3);

Логистические схемы, построенные через речной порт Хабаровск, привлекают особое внимание: во-первых, в связи с решением Правительства РФ по объединению трех ТОР (Хабаровск, Комсомольск-на-Амуре, Николаевск-на-Амуре); во-вторых, планами модернизации инфраструктуры в порту Николаевска-на-Амуре; в-третьих, скорым завершением строительства и введением в эксплуатацию в 2024 г. железнодорожной развязки БАМ — Транссиб в секторе станций Волочаевка-1 — Волочаевка-2 — Дежневка.

Общий грузооборот порта Николаевска-на-Амуре в 2022 г. составил 56,8 тыс. т.

В планах предусматривается ремонт кранов и причалов, установление защитных экранов в соответствии с экологическими требованиями, ливневой канализации, которая не была предусмотрена при строительстве порта, изменение специализации причалов. Реализация проектов позволит более чем в 2 раза повысить грузооборот, нарастить перевалку социально значимых и промышленных грузов, повысить эффективность и скорость обработки грузов, увеличить штат и создать новые рабочие места.

Участие в проекте интегрированной транспортно-логистической системы речного транспорта и Севморпути обеспечит мультипликативный эффект за счет присоединения других грузов на реку. Развитие грузовой базы повлечет планомерное снижение затрат и привлекательность водного транспорта, что неминуемо привлечет инвестиции. Дополнительные доходы судоходных компаний и портов будет способствовать обновлению ин-

Таблица 4. SWOT-анализ критериев оценки транспортно-логистических схем

№ схемы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVI	Ито-го	Рей-тинг	Комментарий
1–1	+	+	+		–	–	–	+	–	+	–	–		–	+	+	–	7	5	
1–2(л)	+	–	+	+	+	–	–	–	+	+	+	+	+	–	–	+	+	11	3	В перспективе усилит схему 1–2(к)
1–2(к)	+	–	+	+	–	+	–	+	+	+	–	+	+	+	–	+	+	12	2	
1–3	–	–		+		+		+	+	–		+	–	+	+	–	+	8	5*	Условное участие
1–4	+	–	–	+		–	–	–	–	+	–	–	+	–	–	+	+	6	6	
1–5	–	–	+	+	+	–	–	+	+	–	+	+	–	–	–	+	+	9	4	
1–6	+	–	–	+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	13	1	
2–1	+	+	+			–	–	+	–	+	–	–		–	+	+	–	7	5	
2–2(л)	+	–	+	+	+	–	–	–	+	+	+	+	+	–	–	+	+	11	3	В перспективе усилит схему 2–2(к)
2–2(к)	+	–	+	+	–	+	–	+	+	+	–	+	+	+	–	+	+	12	2	
2–3	–	–	–	+		+		+	+	–		+	–	+	+	–	+	8	5*	Условное участие
2–4	+	–	–	+		–	–	–	–	+	–	–	+	–	–	+	+	6	6	
2–5	–	–	+	+	+	–	–	+	+	–	+	+	–	–	–	+	+	9	4	
2–6	+	–	–	+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	13	1	

фраструктуры, повышению производительности и рентабельности, созданию новых рабочих мест, увеличению налоговых отчислений.

По мере стабилизации потоков контейнерных грузов на речном транспорте для экспорта ожидается возникновение эффекта взрывного роста контейнеризации грузов, завозимых в северные регионы Российской Федерации [10].

Выводы

На основе результатов проведенного SWOT-анализа для дальнейшего исследования в техническом, методологическом, экономическом и политическом аспектах рекомендованы следующие перспективные схемы доставки нефтехимической продукции рассматриваемых производств на экспорт:

- 1. Тобольск / Томск — Архангельск (железнодорожный транспорт) — Севморпуть (морской транспорт) — порты Дальнего Востока РФ — порт Шанхай (морской транспорт).
- 2. Тобольск / Томск — Красноярск (железнодорожный транспорт) — порт Дудинка (речной транспорт) — Севморпуть — порты Дальнего Востока (морской транспорт) — порт Шанхай (морской транспорт).

- 3. Тобольск / Томск — Хабаровск (железнодорожный транспорт) — порты Дальнего Востока — порт Шанхай (морской транспорт).

Источники

1. География размещения производственных площадок СИБУРа обеспечивает близость к источникам сырья и ключевым рынкам сбыта: [Сайт] // СИБУР. URL: <https://www.sibur.ru/ru/about/geo> (дата обращения 12 августа 2023 г.)

2. Приложение к протоколу заседания правления ОАО «РЖД» от 27.12.2022 г. № 102 «Временные правила определения очередности перевозок грузов» (ред. от 04.05.2023).

3. Трофимцева О. В. Экспортные логистические маршруты производителей и переработчиков сельскохозяйственной продукции СФО // Логистика. 2022. № 2. С. 20–23.

4. Нефтехим. Как рождаются полимеры. 2019. 29 ноября // Томский обзор [Сайт]. URL <https://obzor.city/article/591160--neftehim-kak-rozhdaytsja-polimery> (дата обращения 16.07.2023).

5. Орехова А. Нефтехимия перешла на галоп // Нефть. Капитал. 17.03.2023. URL: <https://oilcapital.ru/news/2023-03-17/neftehimiya-pereshla-na-galop-28>

78272?ysclid=li7hdbw18q672212797 (дата обращения 16.07.2023).

6. Масленников С. Н., Карчагин Р. Е. Возможности переключения грузопотока восточного полигона на транспортный коридор «СМП — реки Сибири» // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2023. № 1. С. 36–40.

7. Ничипорук А. О. Опыт и проблемы построения транспортно-логистических систем доставки грузов // Вестник ВГАВТ. 2017. № 50. С. 212–218.

8. Проектирование и организация региональных транспортно-логистических систем: Учеб.-метод. комплекс. М.: Изд-во РАГС. 2009. 334 с.

9. Телегин А. И., Милославская С. В., Коршунов Д. А., Наседкина Е. С. Концепция и алгоритм обоснования транспортно-логистических схем доставки экспортно-импортных сухогрузов с участием речного транспорта России // Научные проблемы водного транспорта. 2021. № 68. С. 163–171. URL: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi68.190> (дата обращения 22.05.2022).

10. Трофимцева О. В. Привлечение контейнерных грузов на речной транспорт // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2023. № 1. С. 5–7.



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

Совершенствование вагонов санитарных поездов для обеспечения эвакуации раненых



Ю. П. Бороненко,
д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I», генеральный директор АО «НВЦ «Вагоны»



С. В. Дмитриев,
заместитель генерального директора ООО «Мир прогрессивных технологий»



А. Б. Юдин,
канд. мед. наук, начальник центра Государственного научно-исследовательского испытательного института военной медицины (ГНИИИ ВМ) МО РФ



О. Г. Пригорелов,
канд. техн. наук, начальник управления ГНИИИ ВМ МО РФ



С. А. Лопатин,
д-р мед. наук, старший научный сотрудник ГНИИИ ВМ МО РФ

Эвакуация пострадавших железнодорожным транспортом в особый период имеет такие преимущества, как возможность оперативного переориентирования транспортных мощностей для их функционирования в интересах государства; незамедлительное смещение вектора применения железных дорог из коммерческого поля в военное; высокая пропускная способность стальных магистралей и всепогодность их использования.

В 2022 г. в ходе СВО было выполнено более 60 железнодорожных рейсов по эвакуации раненых военнослужащих в военно-медицинские организации окружного и центрального подчинения для оказания специализированной медицинской помощи [1].

Для военного санитарного поезда (ВСП) используется подвижной состав ОАО «Российские железные дороги» из числа эксплуатируемых пассажирских вагонов после их минимального переоборудования.

В настоящее время, согласно действующим документам, в состав ВСП предлагается выделять для переоборудования под функциональные санитарные вагоны следующие типы базовых вагонов:

- пассажирские: купейный, плацкартный и межобластной (пассажирский вагон открытого типа);
- багажный;
- пассажирский купейный с радиокупе (штабной);
- вагон-электростанцию;
- автономный рефрижераторный.

Парк пассажирских вагонов обновляется естественным образом за счет произведенных вагонов с уже измененными конструкциями, как правило, без установленных закладных деталей в каркасах вагонов. По экономическим причинам сложилась ситуация, при которой эвакуационные возможности ВСП, формируемых в особый период, могут значительно уменьшиться из-за трудностей в переоборудовании при установке комплектов технических средств, предназначенных для транспортировки раненых, утративших способность к самостоятельному передвижению и обслуживанию.

Решение этих проблем требует комплекса исследований и разработок

в направлении использования в целях медицинской эвакуации новых и перспективных видов транспортных средств с учетом конструктивных особенностей при монтаже типового санитарного оборудования. Проведение при этом технико-экономической оценки позволит выбрать оптимальный вариант создания военно-медицинских подвижных железнодорожных формирований на базе или существующих вагонов, или принципиально новых типов подвижного состава.

В связи с проведением СВО встает вопрос о производстве в России современных санитарных вагонов, свободных от технических проблем, выявленных в работе санитарных поездов. Этими проблемами являются:

- погрузка и выгрузка пострадавших;
- снижение динамических нагрузок на пострадавших, возникающих при движении поезда;
- защита медперсонала от вибраций и колебаний во время проведения медицинских манипуляций с ранеными.

Погрузка и выгрузка тяжелораненых и лежащих больных

Входные двери и коридоры современных пассажирских вагонов предназначены для прохода здоровых пассажиров и узки для проноса носилок с ранеными. Кроме того, подъем на уровень пола вагона (1100–1300 мм) — тоже непростая задача.

В XX в. эта проблема частично решалась следующим образом: по требованию Министерства путей сообщения Российской империи, а затем НКПС СССР часть вагонов при постройке изготавливалась с наружными двухстворчатыми дверями (рис. 1) по диагонали вагона (так называемый створный угол). При этом входная



Рис. 1. Санитарный вагон начала XX в. со створным углом, обеспечивающим погрузку раненых на носилках

дверь из тамбура внутрь вагона также была двойной.

При погрузке-выгрузке раненых на носилках в вагонах открывали створный угол и вторую часть двери, расположенную между туалетом и тамбуром. Это позволяло легко приспособлять имеющиеся серийные пассажирские вагоны к нуждам ВСП.

Однако после Великой Отечественной войны при производстве цельнометаллических вагонов это требование было снято, и современный пассажирский подвижной состав в большинстве своем не позволяет пронести носилки с ранеными (кроме небольшого количества вагонов с местами для инвалидов).

Опыт применения современных пассажирских поездов при ликвидации медико-санитарных последствий ЧС во второй половине XX в. показал, что медицинская эвакуация пострадавших в вагонах поездов дальнего следования приводила к ухудшению их состояния из-за травматичной погрузки и выгрузки пострадавших [2].

М. Ф. Вильк и другие [3] предложили новое решение проблемы свободного вноса и выноса из вагона тяжелораненых (тяжелопораженных) путем модернизации существующих пассажирских вагонов. Для этого с обеих сторон медицинского вагона предлагалось устраивать специальные люки на уровне окон, оборудованные автоматическими устройствами для подъема и подачи в вагон пораженных.

Для беспрепятственного перемещения носилок с пациентами в вагоне функциональные блоки оборудовали жесткими шторами или распашными дверями. Для легкораненых (легкопораженных) предусматривался проход в вагон через двери тамбура нектолового конца вагона, увеличенные по ширине.

В предлагаемом вагоне предусматривалось функционирование системы жизнеобеспечения, включая кондицио-

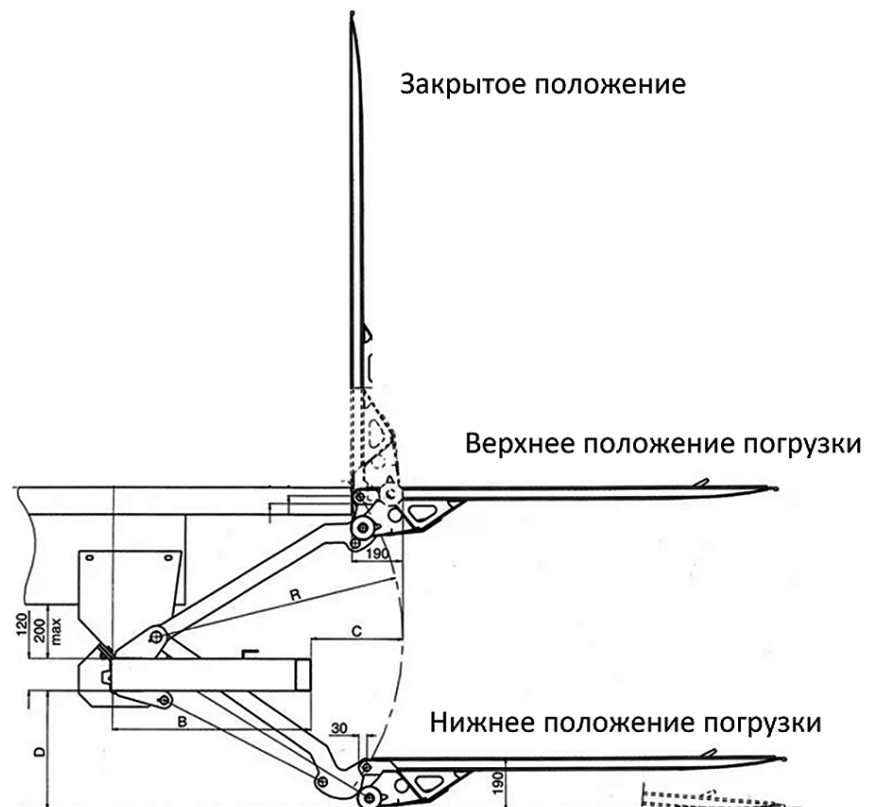


Рис. 2. Схема гидравлического борта для подъема пострадавших в вагон

нирование, горячее и холодное водоснабжение, водоотведение, обеззараживание воздуха, калориферный обогрев люков, а также энергообеспечение за счет дизель-электростанции.

Авторы считают разработанный медицинский вагон универсальным передвижным медицинским комплексом, практически готовым к серийному производству. Однако, на наш взгляд, это лишь частичное решение вопроса с использованием имеющегося подвижного состава.

Оптимальное решение этой проблемы видится в разработке новой конструкции вагона с уширенными дверными проемами, оборудованными раздвижными дверями и специальными подъемниками по типу гидробортов и гидролифтов, применяемых при погрузке автомобилей (рис. 2). Принципиальных трудностей в создании новой конструкции не просматривается. Предлагаемое оборудование широко используется на автотранспорте.

Снижение динамической нагрузки на раненых, возникающей при движении поезда

Вторая проблема медицинской эвакуации пострадавших связана с обеспечением комфортности перевозки. Вагоны начала XX в. имели жесткое подвешивание из листовых рессор, что приводило

к значительному уровню ускорений при движении по неровностям рельсового пути, болезненно воспринимавшихся транспортируемыми пациентами. Кроме того, вагоны соединялись винтовой сцепкой без поглощающих аппаратов, что вело к возникновению ударов и толчков при изменении режима движения поезда.

При этом уже на первых санитарных вагонах устанавливалась маятниковая подвеска, снижающая толчки в продольном направлении. На грузовых вагонах носилки с ранеными подвешивались по типу люльки (рис. 3).

В дальнейшем для размещения раненых были разработаны специальные станки, снабженные рессорами, уменьшающими динамические воздействия на койки (носилки) начала системы Городецкого, а потом Кригера.

По мере совершенствования рессорного подвешивания вагонов от листовых рессор в станках для тяжелораненых отказались после Гражданской войны, заменив их на станки с коническими винтовыми пружинами Кружалина (рис. 4). Затем от дополнительной амортизации отказались вовсе, приступив к применению станков системы НИИСИ (ныне ГНИИ ВМ МО РФ).

Однако вопрос о необходимости снижения динамических нагрузок на постра-



Рис. 3. Оборудование грузового вагона конца XIX в. носилками с люлечным подвесом

давших не потерял своей актуальности. Данные о влиянии колебаний и вибраций на состояние раненых и больных, а также на ощущение ими дискомфорта в известной нам литературе отсутствуют. Приближенную оценку степени комфортности перевозок можно сделать на основе данных, полученных в экспериментах на здоровых людях, приведенных в ISO 2631 [4], ГОСТ 31191-1.2004 [5], ГОСТ 31191-4 [6] и оцениваемых по величине среднеквадратичных ускорений:

- менее $0,315 \text{ м/с}^2$ — дискомфорт не ощущается;
- от $0,315$ до $0,63 \text{ м/с}^2$ — легкое ощущение дискомфорта;

- от $0,5$ до 1 м/с^2 — приемлемое ощущение дискомфорта;
- от $0,8$ до $1,6 \text{ м/с}^2$ — отчетливое ощущение дискомфорта;
- от $1,5$ до $2,5 \text{ м/с}^2$ — сильное ощущение дискомфорта.

Учитывая, что время железнодорожной эвакуации может превышать 24 ч, естественно предположить, что при транспортировке раненых необходимо обеспечить уровень ускорений, не превышающий $0,3 \text{ м/с}^2$. Это примерно соответствует показателю плавности хода вагона по ОСТ 24.050.16.85 [7], меньшему 3,0.

Большинство российских вагонов обеспечивают показатель плавности хода на пути хорошего состояния не хуже 3,0–3,25, что примерно соответствует среднеквадратичному ускорению $0,3–0,38 \text{ м/с}^2$. Однако не все пути находятся в хорошем состоянии, и при эксплуатации в некоторых случаях возможно превышение допустимых уровней плавности хода.

Поэтому, на наш взгляд, для вагонов ВСП необходимо улучшить ходовые качества так, чтобы они обеспечивали комфортность перевозки раненых при любом состоянии путей.

Решение этой задачи видится в применении управляемого подвешивания. В последнее десятилетие в ряде стран в работе по улучшению ходовых свойств подвижного состава и повышению комфорта проезда пассажиров были достигнуты ощутимые результаты путем создания так называемых «активных систем» подавления колебаний кузова вагона. По степени сложности их разделяют на полностью

активные и полуактивные системы управления (от англ. full active control system & semi-active control system) [8].

Исследования и разработки в этой области велись в ряде стран, в том числе в России, а впервые в коммерческой эксплуатации активные и полуактивные устройства подавления вибрации были введены в 2000 г. на высокоскоростном японском поезде E2–1000 [9].

В ЗАО НО «Тверской институт вагоностроения» разработана система демпфирования вертикальных колебаний кузова железнодорожного пассажирского вагона, содержащая установленные вертикально под кузовом гидравлические демпферы, каждый из которых выполнен с напорной и безнапорной полостями для рабочей жидкости, сообщающимися друг с другом через дроссель, и снабжен штоком дросселя с возможностью регулировать коэффициент сопротивления.

Минимизация вертикальных ускорений кузова достигается за счет автоматической подачи электрического сигнала на электромагниты каждого демпфера для изменения его сопротивления в зависимости от частоты колебаний кузова и скорости движения вагона [10–12]. Это устройство могло бы обеспечить необходимую плавность хода вагона ВСП при движении. Принципиальная схема устройства такого подвешивания приведена на рис. 5.

Защита медперсонала от вибраций и колебаний во время проведения медицинских манипуляций с ранеными

Следует отметить, что для врачей хирургического профиля важна защита как от общей вибрации (передается на тело через опорные поверхности: для стоящего — через ступни ног, для сидящего — через ягодицы и ступни ног, для лежащего — через спину и голову), так и от локальной (передается через руки, ступни ног сидящего человека и на предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями).

Допустимые уровни вибраций в палатах стационарных больниц приведены в табл. 1. Анализируя их, можно констатировать, что они на два порядка меньше, чем уровни вибраций при движении пассажирских вагонов.

Для проведения медицинских манипуляций предлагается проработать вопрос создания виброизолированной капсулы внутри вагона. Принципиальная схема активного подвешивания такой капсулы приведена на рис. 6. Предварительные расчеты показывают, что применение



Рис. 4. Оборудование санитарных вагонов первой половины XX в. станками с коническими винтовыми пружинами

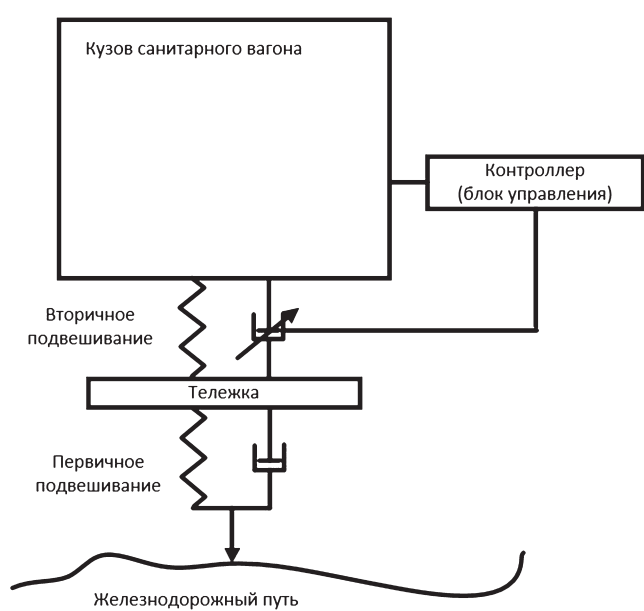


Рис. 5. Принципиальная схема вагона ВСП с полуактивным подвешиванием

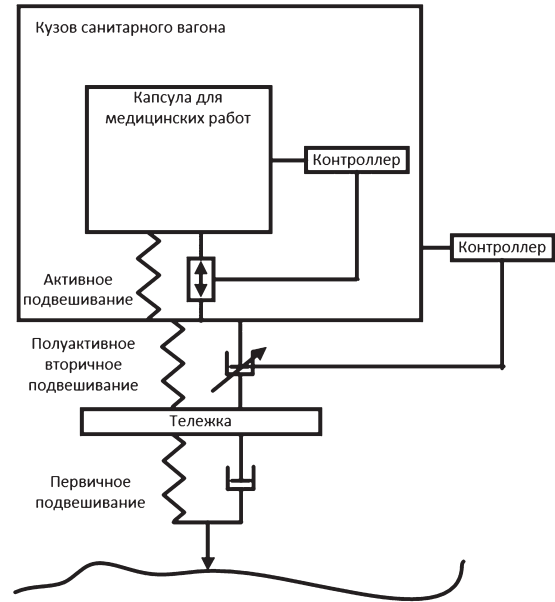


Рис. 6. Принципиальная схема вагона ВСП с виброизолированной капсулой с применением активного и полуактивного подвешивания

активного подвешивания такой капсулы позволят на порядок снизить уровень ускорений внутри нее.

Однако необходимо проведение дальнейших исследований для ответа на вопрос, достаточно ли такого снижения для выполнения хирургических операций? Необходимо проведение исследовательских работ по формированию требований к допустимому уровню воздействия на медицинский персонал в процессе осуществления медицинских манипуляций. При этом важно найти баланс между технической возможностью реализации системы активного подвешивания капсулы и уровнем виброзащиты.

Система предупреждения о дополнительном воздействии

Подвешивание капсулы в вагоне не сможет полностью исключить случайные удары и повышенную вибрацию, учитывая, что поезд движется по сложным участкам пути и маршрутам. То есть необходима система предупреждения о появлении дополнительных воздействий для принятия решения со стороны медицинского персонала о возможности выполнения тех или иных работ.

Данную задачу предлагается решать в два этапа:

- использование статистических данных о воздействии на вагон при движении по уже пройденным маршрутам.
- установка на головной вагон поезда системы контроля, с помощью которой определяется наличие внешнего воздействия.

На первом этапе задача может быть решена только при условии, что оборудованный системой поезд уже неоднократно проходил по одному и тому же маршруту (при этом возможно использование данных с других поездов). Поэтому данный вариант системы предупреждения может начать работать после некоего периода и невозможен на участках, где не было проезда поезда с аналогичной системой. Данная система может прогнозировать наличие возможных воздействий при движении по кривым или при торможении при условии наличия информации о плане, профиле пути и известном маршруте.

Однако важно понимать, что состояние пути может изменяться, в связи с чем система не всегда сможет выдать преду-

преждение о воздействии. Кроме того, продольные воздействия зависят от ведения поезда и не зависят от маршрута.

На втором этапе задача может быть выполнена независимо от наличия данных о состоянии пути. Однако и в этом случае необходимо, чтобы вагон, находящийся в особой виброизоляции (вагон с капсулой), находился в середине поезда.

В головном вагоне поезда устанавливается система контроля воздействия со стороны инфраструктуры. Также определяются параметры участка пути (прямая, кривая, стрелка) и просчитываются возможные воздействия по отношению к движению по хорошему (прямому) участку пути.

По результатам этой оценки в вагон с капсулой подается сигнал о прибли-

Таблица 1. Допустимые значения и уровни вибрации в помещениях жилых зданий, в палатах больниц [13]

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Эквивалентные значения и уровни виброускорения для направлений действия Z, X, Y	
	м/с ² × 10 ⁻³	дБ
2	4	72
4	4,5	73
8	5,6	75
16	11	81
31,5	22	87
63	45	93
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни, частотная коррекция W _m	4	72

Примечания. 1. В палатах больниц к допустимым значениям уровней, представленных в табл. 1, вводится поправка «-3», абсолютные значения умножаются на 0,71.
2. Гигиенические нормативы для логарифмических уровней виброускорения, представленных в табл. 1, установлены для опорного уровня 1 мкм/с².

Таблица 2

Скорость движения, км/ч	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Время предупреждения о внешнем воздействии от головного вагона до операционной, с	27	13,5	9	6,8	5,4	4,5	3,9	3,4	3	2,7

жающемся через определенное время повышении вибрационных и ударных нагрузок, в соответствии с которым медицинский специалист (хирург) проводит манипуляции в ограниченном объеме, которые не навредят больному. В отсутствие повышенных воздействий система позволит оказывать хирургическую помощь в необходимом объеме.

В зависимости от скорости движения при расстоянии между головным и вагоном с капсулой 75 м (~3 вагона) время уведомления хирурга составит следующие интервалы (табл. 2).

Таким образом, у медицинского персонала будет время на принятие решения об объеме хирургической помощи.

Для проверки технических решений и возможности проведения медицинских мероприятий, а также для отработки методики работы в капсуле целесообразно создать имитационный стенд, который позволит моделировать как реальные внешние воздействия, так и проведение медицинских манипуляций в объеме, установленном для ВСП.

Заключение

В условиях реформирования железнодорожного транспорта России в формате реализации Стратегии развития железнодорожного транспорта РФ до 2030 г. достигнуты значительные успехи в развитии пассажирского вагоностроения, повышения комфортности поездок, обеспечения возможности проезда маломобильных пассажиров. Однако вопросу создания санитарных вагонов нового поколения должного внимания пока не уделялось.

Несомненно, обновление и оптимизация системы медицинской эвакуации железнодорожным транспортом зависит от реализации конкретного решения — ориентации на создание новых функциональных вагонов медицинского профиля (операционно-перевязочного, реанимационного блоков, аптеки и др.) вместо реконструкции и адаптации существующего парка пассажирских вагонов.

Для минимизации механических нагрузок на пострадавших и медицинский персонал ВСП перспективно применять полуактивное рессорное подвешивание с управлением колебаний и увеличивать конструктивную жесткость кузова вагона.

Для проектирования вагонов военно-санитарных поездов для перевозки раненых следует сформировать нормативы (санитарно-гигиенические требования) уровней допустимых механических нагрузок (вибрации, ударов, колебаний).

Чтобы оказывать медицинскую помощь в пути следования, в том числе хирургическую, необходимо сформулировать требования к допустимому уровню вибраций и колебаний во время проведения медицинских манипуляций и на этой основе разработать виброизолированную медицинскую капсулу-операционную с активным подвешиванием.

Эти предложения получили поддержку участников XVII научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты», прошедшей 21–23 августа 2023 г. Одно из ее решений гласит: «Учитывая успешную работу АО „Федеральная пассажирская компания“ и ОАО „ТВЗ“ по обеспечению перевозок пассажиров с ограниченными физическими возможностями, обратить внимание на необходимость создания медицинских вагонов и поездов с улучшенными ходовыми качествами для перевозки пострадавших в чрезвычайных ситуациях, обеспечивающих безопасную погрузку лежащих пациентов на носилках с уровня земляного полотна и транспортировку внутри поезда на каталках через межвагонные переходы».

Источники

1. Тришкин Д. В. Медицинское обеспечение Вооруженных Сил Российской Федерации в условиях проведения специальной военной операции и частичной мобилизации: итоги деятельности и задачи на 2023 год // Военно-медицинский журнал. 2023. № 1. С. 4–24.

2. Бызов А. В., Шабанов Т. В. Перспективы применения железнодорожного транспорта для медицинской эвакуации пострадавших при чрезвычайных ситуациях в Российской Федерации // Материалы XIX Всероссийского конгресса «Скорая медицинская помощь — 2020», 25–26 ноября 2020 г. СПб.: СПбГМУ им. И. П. Павлова, 2020. С. 23–24.

3. Вильк М. Ф., Базазьян А. Г., Коротич А. П., Латынин Е. О. Современные технологии организации экстренной

медицинской помощи при чрезвычайных ситуациях на железнодорожном транспорте // Материалы VIII съезда гигиенистов, токсикологов и санитарных врачей. М., 2022. Т. 1. С. 156–159.

4. ISO 2631–1:1997. Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole — body vibration. — P. 1. General requirements.

5. ГОСТ 31191–2004. Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Ч. 1. Общие требования.

6. ГОСТ 31191.4–2006 (ISO 2631–4:2001). Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Ч. 4. Руководство по оценке влияния вибрации на комфорт пассажиров и бригады рельсового транспортного средства.

7. ОСТ 24.050.16.85. Вагоны пассажирские. Методика определения плавности хода.

8. Handbook of railway vehicle dynamics / ed. S. Iwnicki. CRC press, Taylor & Francis Group, 2006.

9. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс: в 2 т. Т. 2 / И. П. Киселёв и др. М.: УМЦ ЖДТ, 2018. 397 с.

10. Скачков А. Н., Зайцев А. В., Дементьев С. А. Система демпфирования вертикальных колебаний кузова железнодорожного пассажирского вагона. Патент на изобретение RU2470201 C1, 20.12.2012. Заявка № 2011120257/11 от 23.05.2011.

11. Скачков А. Н., Самошкин С. Л., Зайцев А. В. Способы управления параметрами вибрации пассажирских вагонов // Мир транспорта. 2017. Т. 15, № 2 (69). С. 60–73.

12. Скачков А. Н., Самошкин С. Л., Коршунов С. Д. и др. Разработка и оценка комплекса исследований по повышению частоты изгибных колебаний кузовов современных пассажирских вагонов // Вестн. ВНИИЖТ. 2021. Т. 80, № 2. С. 76–85.

13. СП 2.5.3650–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к отдельным видам транспорта и объектам транспортной инфраструктуры», утв. постановлением Глав. гос. сан. врача РФ от 16.10.2020 г. № 30.

Стратегическая сегментация рынка грузовых железнодорожных перевозок



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



А. Д. Мачерет,
студент Финансового
университета
при Правительстве
Российской Федерации

Важнейшей особенностью железнодорожного транспорта является перевозка всего спектра предъявляемых грузов вне зависимости от их доходности, причем на данный момент — с преобладающей долей низкодоходных. В связи с этим существует необходимость качественного управления конкурентоспособностью железных дорог в том числе с помощью категорирования перевозимых грузов по уровню доходности и долгосрочной перспективности с анализом структуры погрузки в разрезе соответствующих сегментов.

Рынок грузовых перевозок является главной сферой российского железнодорожного бизнеса. Системообразующая компания железнодорожной отрасли страны — ОАО «РЖД» — формирует на этом рынке более 80 % своих доходов [1], здесь же действует наибольшее количество частных железнодорожных компаний, оперирующих грузовыми вагонами [2, 3]. В Программе структурной реформы на железнодорожном транспорте [4] было уделено значительное внимание развитию рынка железнодорожных грузовых перевозок, а в Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации [5] определены конкретные объемные и качественные целевые показатели в данной сфере.

За два десятилетия после начала структурной реформы отрасли позиции железнодорожного транспорта на рынке грузовых перевозок существенно укрепились. Так, доля железных дорог в грузообороте транспортной системы страны возросла с 39 до 47,5 %, а без учета специализированного трубопроводного транспорта — с 83 до 86,7 %. При этом доля в коммерческом грузообороте (без учета трубопроводов) превышает 90 % [6].

В то же время для железнодорожного транспорта характерна высокая составляющая перевозок низкодоходных грузов, в первую очередь угля [7, 8], которая к тому же имела долгосрочную тенденцию к росту [9, 10]. Особой задачей является повышение в общем объеме железнодорожных перевозок доли грузов, обладающих высокой долгосрочной перспективностью с уче-

том глобальных процессов экономической трансформации, в частности декарбонизации экономики [11] и формирования «экономики замкнутого цикла» [12, 13]. В настоящее же время в железнодорожных перевозках доминируют неперспективные и низкоперспективные грузы [14, 15]. Поэтому актуально повышение стратегической конкурентоспособности железнодорожного транспорта на рынке грузовых перевозок. Для этого необходимо провести его сегментацию.

Принципы и результаты сегментации рынка

На рынке грузовых железнодорожных перевозок «критерием сегментации прежде всего служит наименование груза в соответствии с принятой на железных дорогах номенклатурой грузов» [16, с. 77].

Железнодорожная номенклатура грузов, с одной стороны, весьма обширна, а с другой — перевозки многих грузов схожи по предъявляемым грузоотправителями требованиям (например, приоритетность ускоренной доставки или низкой провозной платы), преобладающим технологиям перевозки (например, маршрутами или повагонными отправками), эффективности для перевозчика (зависящей прежде всего от удельной доходности перевозки в расчете на 1 тонно-километр). Поэтому для стратегической, укрупненной сегментации рынка грузовых железнодорожных перевозок целесообразно сгруппировать грузы прежде всего по экономическим критериям.

Ключевым из них является тарифный класс груза — главный фактор,

Таблица 1. Изменение структуры погрузки грузов в сети железных дорог ОАО «РЖД» по уровню доходности, %

Уровень доходности перевозок	2019	2020	2021	2022
Низкодоходные	52,3	52,6	52,2	52,6
Среднедоходные	16,6	17,7	17,6	16,8
Высокодоходные	31,1	29,7	30,2	30,5

определяющий относительный уровень провозной платы и доходности грузовых перевозок [17, 18]. В то же время тарифный класс — не единственный фактор, влияющий на удельную доходность перевозок в расчете на 1 тонно-километр, поэтому предпочтительной представляется группировка перевозок по группам доходности: низкодоходные, среднедоходные и высокодоходные [19, 20]. Анализ структуры погрузки показывает, что низкодоходные грузы устойчиво обеспечивают свыше 52 % общесетевой погрузки, а доли среднедоходных и высокодоходных грузов более волатильны (табл. 1).

С учетом отмеченной выше проблемы доминирования в железнодорожных перевозках неперспективных и низкоперспективных грузов для стратегиче-

ской сегментации целесообразно принять во внимание не только доходность, но и долгосрочную перспективность перевозимых грузов. Сегментация рынка с учетом и доходности, и перспективности грузов позволит применить матричный подход, который хорошо зарекомендовал себя в стратегическом анализе и управлении [21, 22].

Категорирование грузов по уровню долгосрочной перспективности исходит из следующей логики [14]. К неперспективным и низкоперспективным относятся грузы, доля которых в общем объеме перевозок и даже абсолютные объемы могут сокращаться на горизонте 10–15 и более лет вследствие глобальной экономической трансформации, прежде всего, активизации отмеченных выше процессов декарбони-

зации и формирования «экономики замкнутого цикла». Хотя перспективы этих процессов дискуссионны и далеко не все эксперты разделяют мнение об их интенсивной и успешной реализации в ближайшие десятилетия [23], они уже влияют на структуру и объемы железнодорожных перевозок [11].

К перспективным отнесены те грузы, удельный вес которых может быть стабильным и даже растущим. Высокоперспективными являются грузы, у которых с наибольшей вероятностью будут увеличиваться как доля в перевозках, так и, естественно, абсолютные объемы.

Категорирование грузов, перевозимых железнодорожным транспортом, одновременно по уровню доходности и долгосрочной перспективности представлено в табл. 2.

Наиболее широк спектр средне- и высокодоходных грузов (36 из 43 позиций используемой номенклатуры), большинство из которых относится к категориям перспективных (6 пози-

Таблица 2. Категорирование грузов, перевозимых железнодорожным транспортом, по уровню доходности и долгосрочной перспективности

Уровень доходности	Уровень долгосрочной перспективности			
	Неперспективные	Низкоперспективные	Перспективные	Высокоперспективные
Низкодоходные	Каменный уголь	- Руда железная и марганцевая - Промышленное сырье и формовочные материалы	- Строительные грузы - Огнеупоры - Флюсы - Гранулированный шлак	–
Среднедоходные	- Сланцы - Торф и торфяная продукция	Руда цветная и серное сырье	- Кокс - Лесные грузы - Цемент	- Зерно - Продукты перемола - Жмых - Комбикорм - Перевалка грузов с водного транспорта - Сахар - Бумага - Импортные грузы - Картофель, овощи и фрукты - Остальные продовольственные товары - Рыба - Хлопок - Химические и минеральные удобрения - Соль
Высокодоходные	- Нефть и нефтепродукты - Живность	–	- Черные металлы - Лом черных металлов - Цветные металлы	- Автомобили - Грузы в контейнерах - Машины, станки, двигатели - Металлические конструкции - Метизы - Мясо и масло животное - Остальные и сборные грузы - Промтовары народного потребления - Сахарная свекла и семена - Сельскохозяйственные машины - Химикаты и сода

Таблица 3. Изменение структуры рынка железнодорожных перевозок грузов, %

Уровень доходности перевозок	Уровень долгосрочной перспективности перевозок															
	Неперспективные				Низкоперспективные				Перспективные				Высокоперспективные			
	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
Низкодоходные	29,1	28,4	29,0	28,7	12,1	12,3	12,1	11,8	11,1	11,9	11,1	12,1	–	–	–	–
Среднедоходные	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,6	1,5	1,5	6,2	6,2	6,3	5,4	8,9	9,9	9,8	9,9
Высокодоходные	18,2	16,8	17,0	17,5	–	–	–	–	7,2	6,7	6,9	6,6	5,7	6,2	6,3	6,4
Итого	47,3	45,2	45,9	46,2	13,7	13,9	13,7	13,3	24,5	24,8	24,3	24,1	14,6	16,1	16,1	16,4

ций) и высокоперспективных (25 позиций).

Однако по объемам перевозок картина существенно различается. В качестве характеристики объемов перевозок по родам грузов в данном исследовании использована их погрузка. Это объясняется тем, что погрузка грузов является исходным моментом перевозки, в ходе которой формируется грузооборот [24, с. 31], а также наличием данных о породовой погрузке грузов по достаточно детальной номенклатуре [25, 26].

Как видно из табл. 3, наибольший удельный вес в сетевой погрузке имеют низкодоходные неперспективные грузы. С учетом того, что доля торфа и торфяной продукции низка (около 0,01 %), практически весь объем данного элемента структуры погрузки составляет каменный уголь, имеющий важное значение для российской экономики, в том числе и как экспортный товар. При этом следует отметить, что если в 2011–2018 годах доля каменного угля

в погрузке неуклонно возрастала [10], то затем эта тенденция прекратилась. Более того, за период с 2019 по 2022 год она снизилась на 0,4 п. п., а абсолютные объемы погрузки угля сократились на 4,7 %. Это можно рассматривать как «слабый сигнал» (в терминологии Форсайта [27, 28]), свидетельствующий о формировании новой тенденции.

Следует отметить, что перевозки ряда неперспективных грузов за последние 30 лет уже снизились до минимальных значений. Так, доля торфа и торфяной продукции в погрузке с 0,24 % сократилась до менее чем 0,01 %, сланцев — с 0,17 % до почти нулевой. А перевозки живности, составлявшие в 1992 г. 0,02 %, в 2021–2022 годах практически не осуществлялись [25, 26]. Стоит вспомнить, что в 1920–1930-х годах живность была одним из значимых грузов на отечественных железных дорогах, ее доля в общей погрузке составляла порядка 2 %. Еще более важным грузом для железных дорог в тот пери-

од были дрова, доля которых в погрузке в 1925–1927 годах превышала 10 %, лишь немного уступая каменному углю [29]. Но уже к 1940 году этот показатель сократился до 4 %, к концу 1960-х годов — до 0,6 % [30], а затем железнодорожные перевозки дров полностью утратили свое значение.

Эти исторические примеры показывают, что грузы, формирующие значимую долю железнодорожной погрузки, в течение нескольких десятилетий могут терять свое значение и впоследствии даже полностью уходить с рынка. Поэтому важно своевременно улавливать возникающие «слабые сигналы» и заранее готовиться к будущим структурным сдвигам.

Оценка общего уровня перспективности грузовых перевозок

Анализируя изменение структуры рынка железнодорожных перевозок в среднесрочной ретроспективе, следу-



ет отметить тенденцию к росту доли высокоперспективных грузов, в том числе высокодоходных. Однако эта доля относительно невелика, что требует последовательных целенаправленных усилий по развитию этого сегмента рынка.

Выполненные расчеты позволяют количественно оценить общий уровень перспективности структуры грузовых перевозок, используя индикатор долгосрочной перспективности погрузки ($I_{\text{ДПП}}$), который определяется по формуле [14]

$$I_{\text{ДПП}} = \frac{\sum dP_i B_i}{100\%},$$

где dP_i — доля i -й категории грузов в погрузке, %; B_i — балльная оценка уровня долгосрочной перспективности i -й категории грузов.

Балльная оценка уровня долгосрочной перспективности для неперспективных грузов принимается равной 1, для низкоперспективных — 2, перспективных — 3, высокоперспективных — 4 [14].

Результаты расчета индикатора долгосрочной перспективности погрузки (табл. 4) показывают, что, увеличившись в 2020 году, он затем стабилизировался на несколько более низком уровне.

При этом качественная характеристика общего уровня перспективности не менялась: значения индикатора за все рассматриваемые годы соответствуют зоне «низкоперспективная структура погрузки» шкалы зональных значений [14]. В то же время важно, что в эти годы составляющая индикатора, формируемая высокоперспективными грузами, имела устойчивую тенденцию к росту.

Следует также отметить, что использование более детальной номенклатуры грузов (43 позиций) по сравнению с укрупненной (15), которая использовалась в исследовании [14], позволило уточнить значение индикатора долгосрочной перспективности погрузки, однако такое уточнение носит, скорее,

Таблица 4. Изменение индикатора долгосрочной перспективности погрузки грузов на железнодорожном транспорте, баллы

Категории грузов	2019	2020	2021	2022
Неперспективные	0,473	0,452	0,459	0,462
Низкоперспективные	0,274	0,279	0,273	0,266
Перспективные	0,734	0,743	0,729	0,724
Высокоперспективные	0,584	0,643	0,644	0,654
Всего	2,064	2,117	2,106	2,106

технический характер (изменение на 0,025), не меняя качественных выводов. Это свидетельствует как об универсальности применяемого методического подхода, так и о допустимости укрупненных расчетов и релевантности их результатов.

Стратегические парадигмы управления маркетинговой деятельностью

Для разных сегментов транспортного рынка, выделенных на основании категорирования грузов по уровню доходности и перспективности, необходима выработка и реализация различных маркетинговых стратегий. В качестве основы для решения этой задачи сформирована матрица стратегического управления маркетинговой деятельностью в сфере грузовых железнодорожных перевозок (табл. 5), при разработке которой был использован опыт научных исследований по применению матричных алгоритмов в управлении производственно-экономическими системами, в том числе железнодорожным транспортом [31–33].

При этом рыночные сегменты, стратегическое управление маркетинговой деятельностью в которых должно происходить в одной парадигме, объединены между собой, и для каждого объединенного сегмента сформирована стратегическая парадигма управления. В рамках каждой такой парадигмы должна разрабатываться система мероприятий, обеспечивающих ее реализацию. При этом конкретные мероприятия могут ориентироваться не на весь

объединенный сегмент, а на некоторую его часть. В частности можно априорно предположить, что для сегментов высокодоходных перевозок будут обоснованы более капиталоемкие мероприятия, чем для сегментов среднедоходных перевозок. А долгосрочное стимулирование спроса на перевозки перспективных и высокоперспективных грузов требует более радикальных инноваций (например, базисных [33]), чем текущее и среднесрочное стимулирование спроса на перевозки неперспективных и низкоперспективных, но доходных грузов.

Отдельные мероприятия могут быть ориентированы на конкретные грузы, направления перевозок и специфические группы грузоотправителей. При этом, учитывая вдвое большую результативность повышения качества транспортного обслуживания грузовладельцев по сравнению с ценовыми методами [34], внимание при разработке таких мероприятий должно быть сфокусировано именно на повышении качества перевозок грузов и транспортного обслуживания в целом. В частности, целесообразны разработка и вывод на рынок инновационных транспортно-логистических продуктов, ориентированных на конкретные группы грузовладельцев [35–37].

Заключение

Стратегическая сегментация рынка грузовых железнодорожных перевозок и проведение эффективного управления маркетинговой деятельностью с учетом специфики каждого сегмента необходимы для обеспечения долго-

Таблица 5. Матрица стратегического управления маркетинговой деятельностью в сфере грузовых железнодорожных перевозок

Категория грузов	Неперспективные	Низкоперспективные	Перспективные	Высокоперспективные
Низкодоходные	Удовлетворение предъявляемого спроса на перевозки с минимальными затратами		Удовлетворение спроса на перевозки, ориентированное на долгосрочную перспективу, с задействованием инвестиционных и инновационных решений	
Среднедоходные	Стимулирование спроса на перевозки в текущем и среднесрочном периоде на основе микроинноваций и улучшающих инноваций		Стимулирование спроса на перевозки, ориентированное на долгосрочную перспективу, с активным задействованием инвестиционных и инновационных решений, в том числе с реализацией базисных инноваций	
Высокодоходные				

срочной конкурентоспособности и эффективности отрасли.

Использование предложенной в статье матрицы стратегического управления маркетинговой деятельностью в сфере грузовых железнодорожных перевозок должно способствовать рациональному целеполаганию и структурированию соответствующих мероприятий.

При этом приоритетное внимание следует уделять стимулированию спроса на перевозки в укрупненном сегменте высокодоходных и среднедоходных, высокоперспективных и перспективных грузов.

Источники

- Мачерет Д. А., Кудрявцева А. В. Проблема сбалансированности спроса и предложения грузовых железнодорожных перевозок // Экономика железных дорог. 2022. № 2. С. 13–14.
- Гурьев А. И. Из тупика: история одной реформы. СПб.: РЖД-Партнёр, 2008. 800 с.
- Хусаинов Ф. И. Реформа железнодорожной отрасли в России: проблемы незавершённой либерализации: моногр. М.: Наука, 2015. 272 с.
- Программа структурной реформы на железнодорожном транспорте (с комментариями) / А. С. Мишарин, А. В. Шаронов, Б. М. Лapidус и др. М.: МЦФЭР, 2001. 240 с.
- Стратегическое развитие железнодорожного транспорта России / Б. М. Лapidус, Д. А. Мачерет, Ю. В. Елизарьев и др. М.: МЦФЭР, 2008. 304 с.
- Валеев Н. А. Позиционирование железнодорожного транспорта на рынке транспортных услуг // Экономика железных дорог. 2023. № 5. С. 25–34.
- Хусаинов Ф. И. Рынок железнодорожных перевозок в 2022 г. // Экономика железных дорог. 2023. № 3. С. 46–72.
- Мачерет Д. А., Мачерет А. Д. Экономико-статистический анализ изменений на транспортном рынке // Экономика железных дорог. 2022. № 10. С. 13–23.
- Лapidус Б. М. Опережающие развитие железнодорожного транспорта — выбор времени // Бюл. Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». 2018. № 5–6. С. 1–16.
- Хусаинов Ф. И., Ожерельева М. В. Перевозки угля и нефтеналивных грузов железнодорожным транспортом: текущее состояние и перспективы // Транспорт РФ. 2019. № 4 (83). С. 22–27.
- Лapidус Б. М., Мачерет Д. А. Влияние экологической парадигмы на долгосрочное развитие железнодорожного транспорта // Экономика железных дорог. 2016. № 9. С. 12–24.
- Marsh P. The New Industrial Revolution. Consumers, Globalization and the End of Mass Production. New Haven, London: Yale Univ. Press, 2012. 320 p.
- Мачерет Д. А., Измайкова А. В. «Экологический императив» и инновационное развитие транспорта // Мир транспорта. 2016. Т. 14, № 5 (66). С. 20–31.
- Мачерет Д. А. Оценка долгосрочной перспективности структуры грузовых железнодорожных перевозок // Вестн. ВНИИЖТ. 2021. Т. 80, № 4. С. 233–239.
- Мачерет Д. А., Разуваев А. Д., Ледней А. Ю. Экономическое значение долгосрочных изменений структуры и неравномерности железнодорожных грузовых перевозок // Экономика железных дорог. 2022. № 4. С. 15–30.
- Управление маркетинговой деятельностью на транспорте: моногр. / под ред. В. Г. Галабурды, Ю. И. Соколова. М.: РУТ (МИИТ), 2018. 300 с.
- Крейнин А. В. Развитие системы железнодорожных грузовых тарифов и их регулирование в России (1837–2007 гг.) М.: Издат. дом Междунар. Ун-та в Москве, 2010. 268 с.
- Хусаинов Ф. И. Железнодорожные тарифы в СССР и России во второй половине XX — начале XXI вв. // Бюл. транспортной информации. 2016. № 3. С. 8–19.
- Методическое обеспечение рыночных механизмов экономического управления на железнодорожном транспорте: моногр. / Б. М. Лapidус, Д. А. Мачерет, А. В. Рышков и др. М.: МЦФЭР, 2007. 160 с.
- Мачерет Д. А., Валеев Н. А. Перспективы роста экономической эффективности ОАО «РЖД» // Транспорт РФ. 2019. № 4 (83). С. 13–17.
- Haradhan K. M. An Analysis on BCG Growth Sharing Matrix // Noble Int. J. Bus. and Management Res. 2018. Vol. 02, No. 01. P. 1–6.
- Григорьева Н. Н., Юрьева Е. А., Сенченко А. Ю. Эволюция подходов и инструментов в области стратегического управления // Modern Econ. Success. 2022. № 2. С. 201–206.
- Smil V. Growth: From Microorganisms to Megacities. Cambridge-Mass: MIT Press, 2019. 664 p.
- Мачерет Д. А., Разуваев А. Д., Ледней А. Ю. Долгосрочный ретроспективный анализ неравномерности погрузки грузов на железнодорожном транспорте // Транспорт РФ. 2022. № 1–2 (98–99). С. 31–35.
- Обзор работы грузового железнодорожного транспорта за 12 месяцев 2021 г. URL: <https://railsovet.ru/analytics/obzor/> (дата обращения 08.08.2023).
- Обзор работы грузового железнодорожного транспорта за 12 месяцев 2022 г. URL: <https://railsovet.ru/analytics/obzor/> (дата обращения 08.08.2023).
- Козлов В. А., Третьяк В. П. Место теории слабых сигналов в технологии Форсайта // Отраслевые рынки. 2012. № 4–5. С. 18–23.
- Мачерет Д. А., Кудрявцева А. В. Социально-экономические предпосылки и тенденции развития транспортных инноваций // Транспорт РФ. 2022. № 6 (103). С. 8–14.
- Железные дороги СССР в цифрах / под ред. З. Л. Миндлина. М.: ЦУНХУ Госплана СССР, 1935. 189 с.
- Справочник эксплуатационника / под ред. Н. А. Гундобина. М.: Транспорт, 1971. 704 с.
- Лapidус Б. М., Мачерет Д. А. Макроэкономическая роль железнодорожного транспорта: теоретические основы, исторические тенденции и взгляд в будущее. М.: КРАСАНД, 2014. 234 с.
- Дубровина В. И. Оценка приоритетов повышения качества услуг на рынке железнодорожных грузовых перевозок с использованием матричного анализа // Вестн. ВНИИЖТ. 2013. № 5. С. 37–41.
- Измайкова А. В. Классификация инноваций на железнодорожном транспорте и инвестиционный фактор их реализации // Вестн. ВНИИЖТ. 2015. № 3. С. 35–41.
- Соколов Ю. И., Лавров И. М. Экономическая оценка взаимосвязи уровня качества транспортного обслуживания и спроса на грузовые перевозки // Транспорт РФ. 2022. № 6 (103). С. 15–18.
- Мачерет Д. А., Мачерет А. Д. Рынок грузовых перевозок в условиях макроэкономических изменений // Экономика железных дорог. 2023. № 3. С. 10–18.
- Виноградов С. А., Мехедов М. И., Вакуленко С. П., Якубень А. Ю. Перспективы развития ускоренных грузовых перевозок // Железнодорожный транспорт. 2021. № 4. С. 10–15.
- Псеровская Е. Д., Ким А. С. Услуга «грузовой экспресс» как способ повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта // Вестн. СГУПС. 2020. № 2 (53). С. 37–45.

Система распознавания объектов беспилотных автомобилей в условиях бездорожья



Н. И. Григоренко,
канд. техн. наук, главный
специалист, эксперт
АО «Научно-исследо-
вательский институт
автоматической аппа-
ратуры им. академика
В. С. Семенихина»,



В. А. Гутников,
канд. техн. наук, замести-
тель генерального дирек-
тора ФГБУ «Центральный
научно-исследовательский
и проектный институт
Министерства строи-
тельства и жилищно-
коммунального хозяйства
Российской Федерации»

В России эксплуатация беспилотных наземных транспортных средств (БНТС) должна предусматривать условия бездорожья и густой растительности. Они могут влиять на систему восприятия автомобиля, создавая угрозу безопасности, и приводить к столкновениям. Между тем анализ полученных в естественных условиях данных от различных датчиков подтверждает корректность функционирования системы технического зрения БНТС.

В Национальной стратегии развития искусственного интеллекта (ИИ) на период до 2030 г., согласно указу Президента РФ [1], к смежным областям использования ИИ относятся технологии и технологические решения, в которых ИИ применяется в качестве обязательного элемента, включая робототехнику и управление беспилотным транспортом.

Концепция обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования разработана в соответствии с целями и задачами, установленными указом президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» и федеральным проектом «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства». Она предназначена для содействия развитию дорожно-транспортной инфраструктуры, обеспечивающей внедрение беспилотного дорожного движения и утверждена распоряжением правительства от 25 марта 2020 г. № 724-р [2].

В настоящее время в различных отраслях проводятся работы по внедрению робототехнических решений. Этот вектор развития особенно актуален при реализации «Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» [3] и тесно связан с развитием и созданием программно-аппаратных решений по цифровизации транспортного комплекса, основанного на отечественных доверенных устройствах.

В соответствии с ч. 4 ст. 10 ФЗ «Об экспериментальных правовых режимах в сфе-

ре цифровых инноваций в Российской Федерации» правительство установило экспериментальный правовой режим в сфере цифровых инноваций по эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств в отношении реализации инициативы «Беспилотные логистические коридоры» на автомобильной дороге общего пользования федерального значения Москва — Санкт-Петербург М-11 «Нева» [4].

Данные и методы

Рынок беспилотных наземных транспортных средств (Unmanned Ground Vehicle, UGV) имеет устойчивую тенденцию к значительному росту [5]. Беспилотные автомобили являются контролируемыми, автономными транспортными средствами, которые предназначены для выполнения различных задач с минимальным надзором со стороны человека. Это удачное сочетание искусственного интеллекта, вычислительной техники и передовых процессорных разработок.

Автономное транспортное средство работает в контакте с внешней средой, но без присутствия человека на борту. Его используют в ситуациях, когда наличие человека-оператора может быть неудобным, опасным или невозможным.

Существуют два класса беспилотных автомобилей: с дистанционным управлением и автономные. Первым управляет человек-оператор через интерфейс. Он может контролировать все действия транспортного средства путем прямого визуального наблюдения или удаленного использования датчиков и цифровых видеокамер.

Автономное использование — это когда автомобиль работает без участия человека и использует свои датчики для

определения следующего действия в контексте поставленной задачи. Полностью автономное транспортное средство может собирать информацию об окружающей среде (карты), обнаруживать интересные объекты (людей, транспортные средства, объекты), перемещаться между точками пути без помощи человека с навигацией.

Результаты

Беспилотные транспортные средства способны заменить человека в разных областях, таких как сельскохозяйственный сегмент, логистика или экспресс-доставка, мониторинг лесного хозяйства и др. При этом важно оценить возможность БНТС, эксплуатируемых в условиях густой растительности и деревьев, так как они могут влиять на систему восприятия транспортного средства, создавая угрозу безопасности или даже приводя к столкновениям.

Основная цель исследования заключалась в определении ограничений восприятия системой беспилотного автомобиля в условиях бездорожья, а также оценке возникших в связи с этим проблем и нахождении соответствующих решений для повышения эффективности работы транспортного средства в условиях бездорожья.

Технология восприятия беспилотного автомобиля связана с одновременными локализацией и картографированием, а также распознаванием и классификацией окружающих объектов. При этом необходим сбор информации об окружающей среде с помощью высокоточных и высоконадежных датчиков.

Автономная система, распознающая проезжие части в условиях бездорожья, более сложна, чем пригодная для городских условий. Специальные автомобили должны уметь передвигаться по узким и извилистым дорогам, пересекать реки, преодолевать различные препятствия, ориентироваться среди флоры и фауны, реагировать на погодные условия и т. д.

В частности, проходимость БНТС по пересеченной местности на большей части нашей страны определяется во многом имеющейся здесь растительностью. Маршрут может проходить среди деревьев, кустарников, трав и других видов растений, которые будут затруднять транспортному средству восприятие окружающей обстановки и принятие решения о выборе оптимального пути движения.

Густая растительность способна закрывать обзор датчикам автомобиля, затрудняя определение формы местности

или устойчивости грунта. Низко свисающие ветви или густой подлесок могут прямо препятствовать проезду или повредить установленное оборудование. Деревья и кустарники отбрасывают тень, что затрудняет точное восприятие окружающей обстановки датчиками автомобиля.

В лесах часто встречаются такие естественные препятствия, как поваленные деревья, валуны и водные преграды, которые внедорожники должны объезжать. На движение автомобиля по лесу влияют различные характеристики растительности, в том числе высота и густота, породный состав, диаметр ствола, ажурность и расстояние между деревьями. На маршрут, проходящий через лесной массив, также оказывает непосредственное влияние клиренс автомобиля и ширина проезжей части.

Существуют и сезонные факторы, например, обильная листва летом и ее отсутствие зимой. Кроме того, весной постоянно меняющиеся условия местности могут изменять характеристики сцепления и сопротивления качению. Все эти факторы могут существенно повлиять на способность автомобиля преодолевать лесные массивы и должны быть учтены при разработке системы восприятия для специальных внедорожников, работающих в условиях бездорожья.

Наиболее сложной задачей для БНТС является создание систем управления, обеспечивающих точное обнаружение объектов в окружающей обстановке. Необходимо было сравнить полученные данные в естественных условиях для проверки систем технического зрения и лазерных датчиков в практическом применении. Приобретенный опыт позволит в дальнейшем скорректировать направления работ по преодолению или минимизации указанных проблем. Поставленная задача состояла в анализе применения датчиков для распознавания объектов, проверки их возможностей и ограничений в условиях бездорожья.

В качестве беспилотной колесной платформы использовался оснащен-

ный датчиками восприятия внедорожник «Буран», переконфигурированный в беспилотный режим (рис. 1). Эксплуатация проходила в условиях рельефной местности и растительности. Выделены типы объектов, которые должны распознаваться транспортным средством в условиях бездорожья, а также характеристики датчиков для решения таких задач.

Машина оснащена центральным процессором, содержащим необходимую ИТ-инфраструктуру, точным GPS, включающим инерциальную навигационную систему (IMU), датчиками контроля ситуации, а также мехатронными приводами, предназначенными для управления заводскими механизмами платформы. Система имеет модуль безопасности, авторизующий доступ, позволяющий управлять автомобилем и его системами, а также набор высокоскоростных радиосистем, обеспечивающих передачу сигналов управления и технического зрения с минимальными задержками. Архитектура коммутируемой сети позволяет интегрировать дополнительные модули, например, обзорную головку, системы вооружения, систему обнаружения угроз.

Беспилотный режим позволяет решать следующие задачи:

- дистанционное управление транспортным средством оператором;
- следование по маршруту, сохраненному в режиме пилотируемого или дистанционного управления;
- автономная навигация по путевым точкам;
- вождение в режиме «следуй за мной» за головным БНТС или за другим транспортным средством;
- челночное движение между назначенными пунктами;
- работа впереди колонны;
- вождение в тандеме, где одна из БНТС применяется в качестве мобильного пункта управления;
- выполнение разведывательных и наблюдательных задач с использова-



Рис. 1. Модель платформы. (Источник: <https://www.drom.ru/info/misc/84576.html?ysclid=lmgkaw932o194689985>)

нием дополнительного оборудования, такого как гиростабилизированная опико-электронная платформа;

- использование электропривода для бесшумной работы.

Автомобиль оснащен архитектурой коммутируемой сети, базирующейся на двух основных подсистемах: восприятия датчиков и планирования управления [6]. Первый модуль отвечает за получение и обработку данных от всех установленных датчиков (камер, LiDAR и других сканеров) для создания представления об окружающей обстановке.

На основе полученных данных система управления формирует такие сигналы, как угол поворота, скорость и степень торможения, которые впоследствии передаются на исполнительные механизмы.

Важнейшим компонентом системы восприятия в автономных транспортных средствах является камера, которая играет ключевую роль в обеспечении безопасной и эффективной навигации. Камеры обеспечивают визуальное представление окружающей среды, позволяя обнаруживать и отслеживать объекты, следить за дорогами и избегать препятствий.

Существует несколько типов систем технического зрения, обычно используемых в беспилотных транспортных средствах:

- стереокамеры, которые используют две камеры для захвата изображений одной и той же сцены с немного разных ракурсов, создавая 3D-карту окружающей среды, включая расположение и форму объектов и препятствий;
- RGB-камеры, захватывающие цветные изображения окружающей среды, которые могут быть использованы для различных целей, включая распознавание объектов, определение полосы движения и семантическую сегментацию;
- тепловизионные камеры, обнаруживающие инфракрасное излучение, испускаемое объектами, даже в полной темноте.

Экспериментальный «Буран» был оснащен двумя типами систем: дневно-тепловизионной и стереокамерой. Система дневного теплового наблюдения



Рис. 2. Система дневного теплового наблюдения AT 640 DUO PRO-25. (Источник: https://www.pergam.ru/catalog/cctv/car_thermal_imaging/at-640-duo-pro-25.htm?ysclid=lnvm6hm3u315357540)

состоит из тепловизионной и цветной камер дневного света с горизонтальным полем обзора 60°. Устройство предназначено для тактической эксплуатации днем или ночью в ясных или затемненных атмосферных условиях, таких как туман или задымленность. Тепловой модуль включает в себя неохлаждаемый болометрический детектор с разрешением 640 на 480 пикселей (рис. 2).

Система управляется по каналу RS485 и имеет два независимых видеовыхода в стандарте PAL. Окна камер оснащены функцией антиобледенения (табл. 1).

Для проведения испытаний автомобиль был также оснащен стереокамерой ZED2. Эта система видения предназначена для использования в беспилотных автомобилях и приложениях дополненной реальности. Она обеспечивает высококачественное трехмерное изображение с высоким разрешением и возможность определения глубины.

Камера производства Stereolabs снимает стереовидео и данные о глубине с помощью двух сверхширокоугольных датчиков и запатентованного алгорит-

ма, что позволяет обнаруживать объекты и поверхности в режиме реального времени даже в условиях недостаточной освещенности. Эта информация может быть использована для создания 3D-моделей окружающей среды, отслеживания перемещений объектов и др.

Помимо возможностей стереоизображения камера ZED2 обладает развитыми алгоритмами компьютерного зрения, такими как восприятие глубины, обнаружение объектов и семантическая сегментация. Основные параметры камеры ZED2 [7]:

- разрешение до 2K (2048 × 1024 пикселей);
- поле зрения более 200°;
- разрешение по глубине 720p (1280 × 720 пикселей) и точность по глубине до 2 см;
- частота кадров до 60 кадров в секунду;
- задержка менее 10 миллисекунд между захватом изображения и обработкой данных;
- формат изображения: стереовидео — в формате YUV, данные о глубине — в виде 16-битных оттенков серого.

При использовании камер в беспилотных аппаратах действует ряд ограничений, связанных с условиями освещения (четкость и точность изображения), а также с погодными условиями, такими как дождь, снег или туман, которые могут снижать точность и эффективность. Применительно к условиям эксплуатации аппарата БНТС камеры могут столкнуться с проблемами при обнаружении некоторых препятствий, особенно если они имеют небольшие размеры или низкий контраст с фоном. Несмотря на то, что в некоторых приложениях в автономном режиме могут использоваться только датчики, основанные на зрении, для повышения точности и надежности системы восприятия для беспилотного управления необходимо использовать дополнительные технологии.

Интеграция камер с другими сенсорами, такими как радар или лидар LiDAR (light detection and ranging), позволяет получить более полное и точное представление об окружающей обстановке. Эти дополнительные датчики могут обнаруживать объекты и препятствия, которые трудно или невозможно увидеть с помощью одних только камер, что повышает общую точность и надежность системы восприятия. Проведен комплекс работ по взаимодействию различных датчиков

Таблица 1. Основные параметры дневных тепловизионных камер и камер наблюдения

Параметр	Тепловизионная камера (ИК)	Камера дневного света (ТВ)
Поле зрения (горизонтальное)	60°	60°
Детектор	Неохлаждаемый болометрический FPA	1/3 CMOS
Спектральный отклик	640 × 480 пикселей	1920 × 1080 пикселей

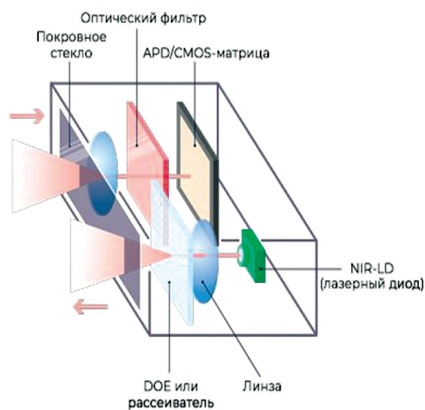


Рис. 3. Принципы работы LiDAR. (Источник: <https://www.npk-photonica.ru/info/reading/23153>)

в единой системе управления распознавания согласно [8].

Наиболее популярной технологией дистанционного зондирования, позволяющей определять объекты и расстояния до них, является лидар. Датчик обычно вращается и сканирует поле зрения, излучая лазерные импульсы во всех направлениях. Оптический сигнал от лазера может модулироваться разными способами, чтобы нести информацию об окружающей среде. Передавая модулированный оптический сигнал, система LiDAR может собирать информацию о расстоянии, отражательной способности и других свойствах объектов и поверхностей в окружающей среде [9].

Затем система использует измерение времени пролета для определения расстояния до каждого объекта в поле зрения [10]. Лидар может построить трехмерную карту окружающей среды в реальном времени, объединяя информацию о расстоянии, полученную от нескольких лазерных импульсов, как показано на рис. 3.

Системы LiDAR не зависят от освещения и погоды и могут эффективно работать в различных условиях, позволяя обнаруживать объекты на большом расстоянии и заблаговременно предупреждать об этом систему планирова-

Таблица 2. Основные параметры Ouster OS0-32 и Velodyne VLP-16.

Параметр	Ouster OS0-32	Velodyne VLP-16
Каналы, ед.	32	16
Диапазон, м	до 50	до 100
Точность диапазона, см	±3	±3
Угол обзора (горизонталь × вертикаль), град.	360 × 90 (–45...+45)	360 × 30 (+15... –15)
Поле зрения (горизонтальное)	0,18–0,7 (настраивается)	0,18–0,7 (настраивается)
Угловое разрешение (по горизонтали), Гц	10–20 (настраивается)	5–20 (настраивается)
Скорость вращения	655,360	до 300,000
Очков в секунду	3-осевой гироскоп, 3-осевой акселерометр	–
Рабочая температура, °C	–20...+55	–10...+60

ния траектории. Однако использование лидаров в беспилотных аппаратах имеет и некоторые ограничения, в частности, стоимость и габариты.

На платформе «Бурана» были установлены два различных типа LiDAR: Ouster OS0-32 и Velodyne-VLP 16 (рис. 4). Оба датчика очень популярны и широко используются в автономных транспортных средствах.

Лазерные сканеры отличаются компактными размерами, высоким разрешением изображения и большой дальностью действия, что делает их идеальными для получения подробных и точных данных об окружающей среде даже в сложных условиях, таких как недостаточная освещенность или неблагоприятная погода. Информация с датчиков передается по сети Ethernet в режиме реального времени в виде UDP-пакетов.

Velodyne VLP-16 [11] и Ouster Os01-32 [12] являются высокопроизводительными 3D LiDAR-датчиками, обеспечивающими в реальном времени трехмерную съемку окружающей среды с высоким разрешением, что очень важно для автономных приложений (табл. 2). Выбор между ними для использования в условиях бездоро-

жья зависит от конкретных требований приложения.

Все описанные датчики были подключены к вычислительному блоку с UNIX-системой Ubuntu 20.04 LTS, поддерживающей среду ROS, в которой каждый датчик обычно управляется специальной программой, называемой узлом ROS.

Узел отвечает за низкоуровневое взаимодействие с аппаратурой датчика и считывание данных по своему протоколу. Затем он публикует их в виде темы ROS, используя стандартные форматы сообщений. Другие узлы системы ROS могут подписаться на эти темы, чтобы получать данные с датчиков и использовать их в своих целях.

Для формирования записанных массивов данных узлами ROS использовался ROSBAG, способный хранить большие объемы данных с временными метками, которые могут быть синхронизированы для последующего анализа на основе системных часов. При анализе экспериментальных данных использовалась математическая модель, изложенная в работе [13]. Это позволяет сравнивать данные с различных датчиков.

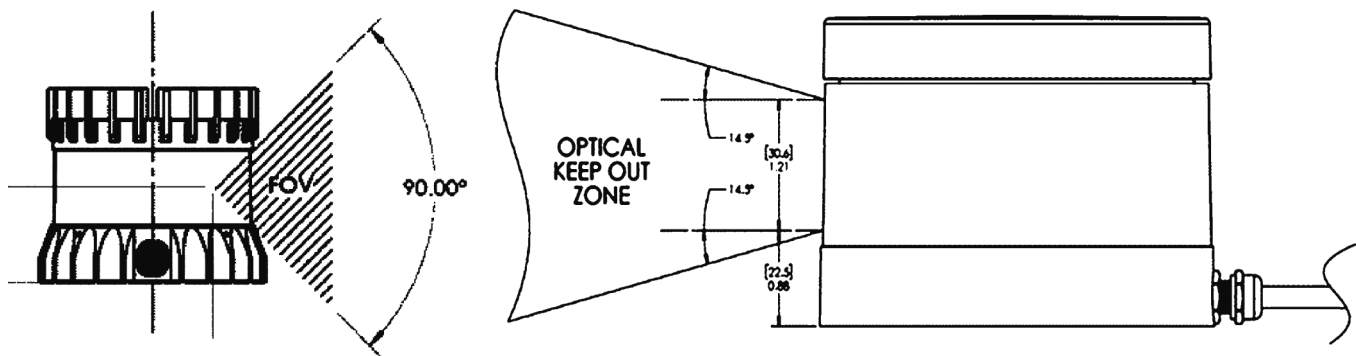


Рис. 4. Лидары Ouster (а) и Velodyne (б) с указанным полем зрения (FOV). (Источник: <https://www.npk-photonica.ru>)

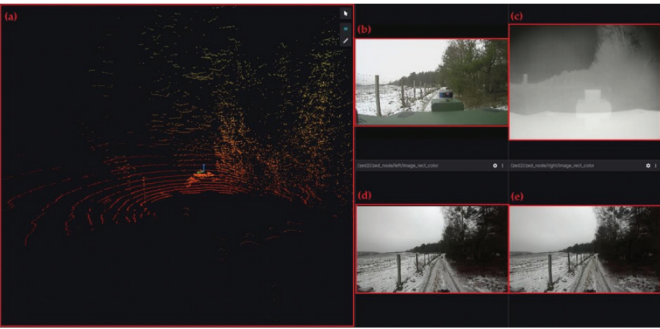


Рис. 5. Данные датчиков: а) облака точек (Ouster/Velodyne); б) вид с камеры дневного света; с) вид с тепловизионной камеры; d, e) необработанные данные камеры ZED2i слева (d) и справа (e)

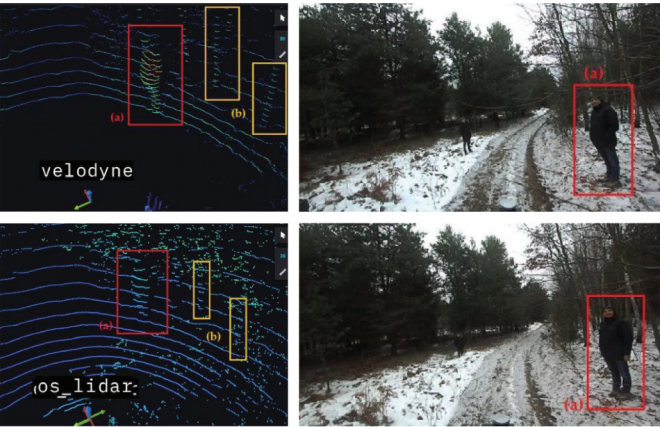


Рис. 6. Пространственное изображение человека (а) и деревьев (b) с использованием лидарных систем Ouster OS0-32 и Velodyne с эталонным изображением с камеры ZED2i

Информация записывалась с помощью ROSBAG для различных сценариев движения, с которыми может столкнуться внедорожник в условиях бездорожья. Один тест-драйв состоял из 12 специальных этапов. Данные ROSBAG могут быть проанализированы в автономном режиме для оценки работы системы восприятия и ее датчиков.

В дальнейшем при обработке полученных данных использовалась отечественная технология KnoDL [14], которая анализирует содержание и автоматически помещает информацию в соответствующий раздел или категорию на основе его содержимого. KnoDL способна оперировать большим объемом разноформатных данных с высоким быстродействием без посторонних программных модулей и знания их структуры (рис. 5).

В ходе тестирования в условиях бездорожья были размещены дополнительные объекты для распознавания на соответствующем фоне. Для этого использовались бочки и чемодан, чтобы оценить способность системы выделять объекты из окружающей растительности и идентифицировать их при различных условиях освещения и окружающей среды.

Кроме того, проверили распознавание людей на пересеченной местности, чтобы имитировать различные сценарии. Растительность может затруднить обнаружение и распознавание человека, поскольку человеческое тело может быть частично или полностью закрыто листьями, ветвями или другими объектами окружающей среды.

Обнаружение и анализ препятствий проводились с помощью различных типов LiDAR. Для регистрации экспериментальных данных использовали два типа 3D LiDAR: Ouster OS0-32

и Velodyne VLP-16. Система Velodyne LiDAR устанавливалась в передней части автомобиля для обнаружения препятствий впереди. Лидар Ouster OS0-32 был установлен на крыше автомобиля для регистрации данных с целью пространственного картографирования.

Влияние местоположения сканера на качество визуализации отдельных объектов представлено на рис. 6, где показан человек, стоящий у дороги, отмеченной на 3D-скане. Лидар Velodyne, несмотря на меньший угол обзора в диапазоне высот (22,5°) и меньшее количество измерительных каналов, показал лучшие результаты по пространственному изображению тела человека по сравнению с Ouster, который характеризовался углом обзора в диапазоне высот 90° и 32 измерительными каналами. Другие объекты, например деревья за человеком, также изображены более четко.

Облако точек сканера Ouster, изображающее окружающие объекты, выглядит более хаотичным, что затрудняет поиск распределения точек, характерного для вертикального объекта с сечением, похожим на круг. Данные, полученные с помощью Velodyne, позволяют более точно определить такие объекты и использоваться в качестве обучающего набора данных для нейронной сети, поддерживающей автоматическое обнаружение объектов в 3D-облаке точек.

Во время всех испытаний в условиях бездорожья в поле зрения проверенных датчиков попадали дополнительные объекты. Основная цель состояла в том, чтобы оценить влияние растительности на обнаружение препятствий. Ствол высотой

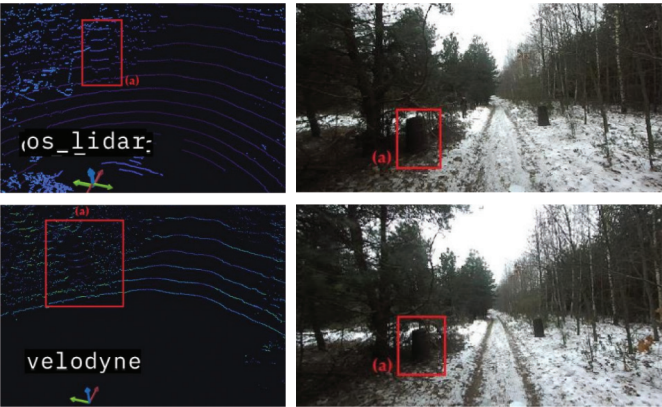


Рис. 7. С помощью Velodyne VLP-16 и Ouster OS0-32 был обнаружен ствол дерева высотой около 1 м



Рис. 8. Сравнение 3D-карт облаков точек, сгенерированных с помощью лидаров Ouster OS0-32 (a) и Velodyne VLP-16 (b)

около 1 м с левой стороны, скрытый под ветвями хвойного дерева, можно найти на рис. 7. Лазерный сканер, расположенный в передней части автомобиля (Velodyne VLP-16), обеспечивал более качественную визуализацию аналогично ранее описанному анализу человека.

В случае построения пространственной карты окружающей среды данные с лидара Ouster более точные благодаря расположению сканера и большому полю обзора (рис. 8). Информация со сканера с ограниченным полем зрения может не содержать много деталей, но их все равно можно использовать для завершения общего набора данных из-за плотности точек измерения.

Определяя матрицу трансляции между сканерами, можно получить очень точную пространственную карту, охватывающую окрестности. Для этой цели необходимо использовать вспомогательную информацию из инерциальной системы и данные корреляции обоих сканирований во временной области. Одна из лидарных систем, использованных в этой работе (Ouster), оснащена встроенной системой IMU для передачи необходимых данных в вычислительный блок.

Определение матрицы трансляции и построение карт на основе 3D-сканирований являются задачами для дальнейшей работы и исследований по совершенствованию системы восприятия для беспилотных транспортных средств, работающих в условиях бездорожья. Кроме того, алгоритмы машинного обучения могут быть обучены на объединенном наборе данных для повышения точности обнаружения объектов.

Распознавать объекты в растительной среде на основе технического зрения позволяют камеры, установленные на разные ракурсы. Кроме того, тепловизионная камера может выделять определенные объекты из фона за счет инфракрасного излучения.

Для того, чтобы камеры автомобиля воспринимали окружающую обстановку, важно определить их местоположение еще на этапе проектирования автомобиля. Основная камера была установлена рядом с лобовым стеклом, имитируя восприятие водителя. К сожалению, установленный Velodyne заслоняет обзор камеры, расширяя слепую зону, что делает невозможным наблюдение за дорогой непосредственно перед автомобилем (рис. 9).

Камеры дневного света позволяют получить изображение с более подробной информацией об окружающей обстанов-

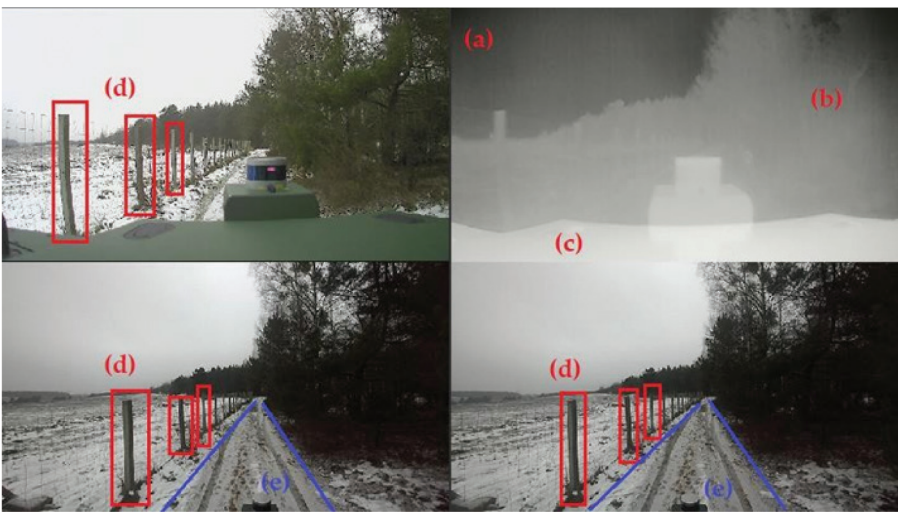


Рис. 9. Вид с тепловизионной камеры дневного света с отмеченными объектами: небо (а), деревья (b), капот автомобиля (с) и столб забора (d)



Рис. 10. Расположение чемодана (а), людей (b) и бочки (с) в условиях эксплуатации транспортного средства

ке, например, о бетонных столбах ограждения *d*, растительности и заснеженной дороге. Изображение, полученное с помощью тепловизионной камеры, в основном состоит из трех областей: небо *a*, окружение автомобиля с аналогичной температурой *b* и теплые части автомобиля *c*.

Обнаружение препятствий с использованием детерминированного алгоритма или искусственного интеллекта требует, чтобы объекты выделялись на фоне данных, записываемых датчиком. Освещение и погодные условия могут существенно повлиять на качество изображений, получаемых с камер дневного света.

В зимний сезон, который характеризуется белым снежным покровом, качество изображения может быть улучшено в определенных сценариях, например, для определения контраста между снегом и окружающей обстановкой. Препятствия, расположенные на фоне аналогичного цвета (или окруженные густой растительностью), создают трудности для распоз-

навания, основанного на потоке камеры дневного света (рис. 10).

Летом фон окружающей среды более эффективно маскирует объекты, поэтому условия освещения могут оказывать влияние на используемые алгоритмы. Тепловизор более устойчив к изменению освещенности и условий окружающей среды.

При съемке экспериментальной обстановки датчик зрения сопоставляет оттенки серого с измеренными максимальной и минимальной температурами. В результате, независимо от температуры окружающей среды, более теплые или более холодные объекты видны более четко (рис. 11).

Недостатком является то, что объекты с температурой, близкой к температуре окружающей среды, сложнее различить. Кроме того, тепловизоры чувствительны к воздействию внешних факторов, таких как ветер, дождь, туман, что может снизить их эффективность. Поэтому важно тщательно подходить к использованию

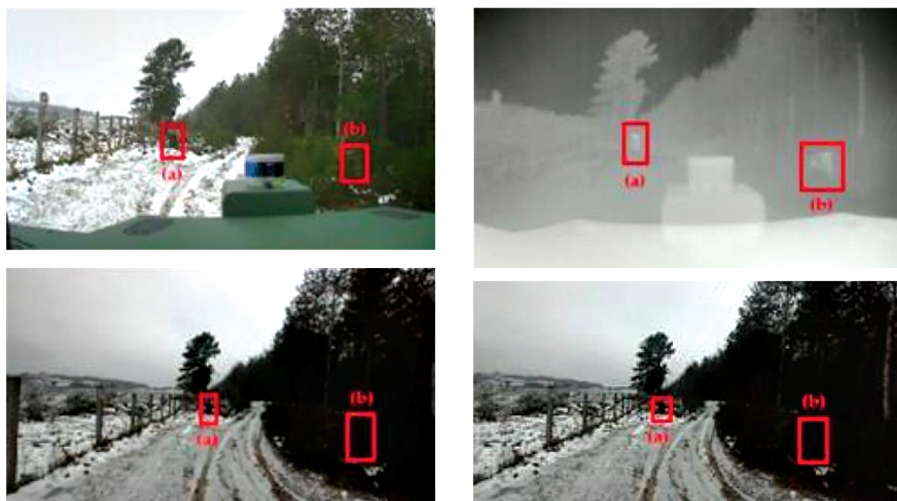


Рис. 11. Расположение скрытых в растительности объектов в виде бочек (а, б) на заднем плане

тепловизоров и учитывать конкретные условия окружающей среды, в которых они будут применяться.

Обсуждение

Выделение объектов на фоне оперативной обстановки является важным этапом разработки автономных систем. После обнаружения и идентификации объектов могут быть реализованы детерминированные алгоритмы или искусственные нейронные сети для выполнения конкретных задач, таких как слежение за объектом, обход препятствий или планирование траектории движения.

Проблема обнаружения объектов в различных средах может быть решена путем разработки более совершенных алгоритмов, которые могут адаптироваться к изменениям окружающей обстановки. Например, система может использовать датчики и машинное обучение для автоматического определения типа среды и переключения на соответствующий набор функционала для классификации. Кроме того, для повышения точности и надежности система может использовать информацию от нескольких датчиков и источников.

Датчики, камеры и лидары играют важнейшую роль в системе восприятия беспилотного автомобиля и оказывают существенное влияние на его общие характеристики и возможности. Датчики технического зрения и лазерные сканеры, установленные на БНТС, описываются с точки зрения параметров и функциональных возможностей с учетом беспилотного режима работы в условиях бездорожья.

Камеры используются для сбора визуальной информации об окружающей обстановке. Они могут применяться для

обнаружения и отслеживания, идентификации и классификации объектов, а также поддержки навигации и обхода препятствий.

Лазерные датчики измеряют время между испусканием лазерного импульса и получением его отражения для определения расстояния и положения. Системы LiDAR позволяют получать данные с высоким разрешением, но ограничены дальностью действия и восприимчивостью к погодным условиям, в то время как радары имеют большую дальность действия и лучшую устойчивость к погодным условиям, но меньшее разрешение. Выбор правильного типа датчиков для конкретного применения может существенно повлиять на эффективность работы системы восприятия в оперативной обстановке.

Классификация объектов в автономном режиме осуществляется на основе информации, получаемой в реальном времени от системы восприятия. Поэтому необходимо определить полезность установленных лазерных сканеров с точки зрения распознавания и классификации препятствий в условиях эксплуатации беспилотного автомобиля.

Отработан алгоритм конфигурации применения типовых датчиков восприятия, устанавливаемых на мобильную платформу для реализации в автономном режиме или режиме поддержки дистанционного управления в условиях бездорожья. В качестве платформы было представлено БНТС, которое можно использовать на различных участках местности. Этот тип машины обладает гибкостью, позволяющей управлять им как с помощью водителя, так и в автономном режиме — в зависимости от поставленных задач.

Датчики, используемые в условиях бездорожья, должны иметь повышенное ударно-прочностное исполнение. В отличие от городских условий эксплуатации, в лесных массивах часто наблюдается пыль, туман или другие явления, ограничивающие видимость.

Проведенные натурные испытания в типичных условиях эксплуатации с деревьями и растительностью показали, что распознавание препятствий по облакам точек LiDAR в густой растительности может быть затруднено, что снижает уровень идентификации и классификации объектов с помощью алгоритмов. Расширенная обработка данных помогает извлечь значимую информацию, но точность обработки зависит от разрешения лазерного датчика. Сканеры с более высоким разрешением способны генерировать более тонкие и детальные облака точек, что позволяет получить дополнительную информацию об объектах в оперативной обстановке.

Датчики технического зрения, такие как камеры, также могут столкнуться с рядом проблем при распознавании объектов в среде с густой растительностью, например, в лесах или на сельскохозяйственных полях. Растения могут закрывать объекты от взгляда камеры, затрудняя или делая невозможным их распознавание.

Алгоритмы, базирующиеся на отечественной технологии KnoDL, позволяют не только работать в режиме реального времени, но и реализовывать схему предиктор–корректор, действующую в условиях неопределенности. При использовании KnoDL появляется возможность не только автоматизировать работу транспортного средства, но и полностью перевести ее в режим работы, который не подразумевает участия человека в управлении.

Проведенные в реальной операционной среде эксперименты подчеркивают важность расширения архитектуры системы восприятия для анализа свойств материалов и их плотности. Для эффективной работы в условиях бездорожья с растительностью необходимо устанавливать специально разработанные датчики, восприятие которых проникает через определенные материалы и фиксирует отражение сигналов. Разработанный алгоритм архитектуры интерфейса систем управления БНТС подтвердил правильность выбранной концепции.

Система управления транспортом IEC 62290-1:2014 представляет собой введение в стандарт и касается основ-

ных концепций определения системы, принципов и базовых функций UGTMSs (систем управления городским транспортом и командования/контроля) для использования на линиях и в сетях городского пассажирского транспорта с управляемым управлением. Данная часть IEC 62290 применима к новым линиям или для модернизации существующих систем сигнализации и командного управления. Основные технические изменения по сравнению с предыдущей редакцией заключаются в следующем: исключено понятие «сортность линии», нормы приведены в соответствии с IEC 62290-1 с IEC 62290-2 [15].

Выводы

Создание цифровых команд и регулирование системы транспортно-логистических услуг и управления городским транспортом [16–18], железных дорог [19], линий метрополитена и других транспортных систем требует учета всего спектра вопросов безопасной эксплуатации. Беспилотные автомобили работают благодаря специальному программному обеспечению (ПО) и сенсорам. ПО управляет работой всех систем автомобиля: поворачиванием руля, сменой передач, газом и тормозом. Датчики (сенсоры) собирают информацию об окружающей обстановке, которая ложится в основу действий автомобиля.

Обычно устанавливаемые датчики: лидары — дальнометры оптического распознавания, радары, камеры, система глобального позиционирования (GPS, Глонасс), датчики одометрии, гиростабилизатор.

Программное обеспечение беспилотного автомобиля может включать компьютерное зрение и нейросети с учетом классификации 6 уровней автоматизации автомобилей [20].

Источники

1. Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации». URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201910110003> (дата обращения 15.08.2003).
2. Распоряжение Правительства РФ от 25 марта 2020 г. № 724-р «О Концепции обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования». URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/000120200327>

- 0016?pageSize=100&index=1 (дата обращения 12.09.2023).
3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года». URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11577?ysclid=lmnr6xxe5490104919> (дата обращения 15.08.2023).
4. Постановление Правительства РФ от 17 октября 2022 г. № 1849 «Об установлении экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций и утверждении Программы экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций по эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств в отношении реализации инициативы «Беспилотные логистические коридоры» на автомобильной дороге общего пользования федерального значения М-11 «Нева». URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/405510787/paragraph/1/doclist/9436/showentries/0/highlight/беспилотные%20транспортные%20средства:1> (дата обращения 23.08.2023).
5. Беспилотные автомобили (мировой рынок). URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F%D0%91%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B5%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D0%B8_\(%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA\)?ysclid=lmni0d0uqc980346041](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F%D0%91%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B5%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D0%B8_(%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA)?ysclid=lmni0d0uqc980346041) (дата обращения 23.08.2023).
6. Galar D.; Kumar U.; Seneviratne D. Robots, Drones, UAVs and UGVs for Operation and Maintenance. CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2020.
7. URL: <https://www.stereolabs.com/zed-2/> (дата обращения 13.08.2023).
8. «Концепция технологического развития страны до 2030 года» — распоряжение Правительства РФ от 20 мая 2023 г. № 1315-р. URL: <http://government.ru/docs/48570> (дата обращения 23.08.2023).
9. Li Y.; Ibanez-Guzman J. Lidar for Autonomous Driving: The Principles, Challenges, and Trends for Automotive Lidar and Perception Systems // IEEE Signal Proc. Mag. 2020. № 37. P. 50–61.

10. Lopac N.; Jurdana I.; Brnelic A.; Krljan T. Application of Laser Systems for Detection and Ranging in the Modern Road Transportation and Maritime Sector // Sensors. 2022. № 22. P. 59469.
11. URL: <https://ouster.com/products/scanning-lidar/os0-sensor> (дата обращения 23.08.2023).
12. URL: <https://velodynelidar.com> (дата обращения 12.08.2023).
13. Григоренко Н. И. Разработка методических основ конструирования двигателей минитракторов с заданными виброакустическими параметрами: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1999. 18 с.
14. Поспелов Д. Ю. Интеграция данных с KnoDL. URL: https://www.researchgate.net/publication/370934878_Data_Integration_with_KnoDL (дата обращения 23.08.2023).
15. IEC62290–1–2014 Railway applications — Urban guided transport management and command/control systems. Part 1: System principles and fundamental concepts. (Приложения для железных дорог — Системы управления городским транспортом и командования / контроля. Ч. 1: Системные принципы и фундаментальные концепции). URL: <https://webstore.iec.ch/publication/6777> (дата обращения 30.08.2023).
16. Дубинкин Д. М. Основы цифрового создания автономных карьерных самосвалов. // Горное оборудование и электромеханика. 2022. № 2 (160). С. 39–50.
17. Соколов И. А., Мишарин А. С., Куприяновский В. П., Покусавев О. Н., Куприяновская Ю. В. Роботы, автономные робототехнические системы, искусственный интеллект и вопросы трансформации рынка транспортно-логистических услуг в условиях цифровизации экономики // Int. J. Open Inform. Technol. 2018. Т. 6, № 4. С. 92–108.
18. Юзаева А. Г., Кукарцев В. В. Беспилотные автомобили: опасности и перспективы развития // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2016. Т. 2, № 12. С. 120–122.
19. Железные дороги. Управление городским транспортом и системы команд/регулирования. Ч. 1. Принципы и фундаментальные концепции системы. URL: <https://docs.cntd.ru/document/431889938?ysclid=lnx9t6pbcl717642096> (дата обращения 23.08.2023).
20. Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles J3016_201806. URL: https://www.sae.org/standards/content/j3016_201806.

Отечественный магнитолевитационный транспорт: потенциал и перспективы развития



С. А. Смирнов,
руководитель Научно-образовательного центра инновационного развития пассажирских железнодорожных перевозок им. А. А. Зайцева Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (НОЦ ПП ПГУПС)



О. Ю. Смирнова,
заместитель руководителя НОЦ ПП ПГУПС

Магнитолевитационный транспорт (маглев) имеет долгую историю и уже апробирован в ряде стран в различных видах перевозок. В России в последнее десятилетие началась новая стадия его развития. Тем не менее до настоящего времени вопрос наиболее перспективных ниш использования этого нового вида транспорта остается не до конца проясненным.

Отечественная магнитолевитационная транспортная система имеет длительную историю разработки, в которой прослеживаются отдельные этапы. Ее локальный пик пришелся на конец 1980-х годов, когда началось строительство первой линии магнитолевитационного транспорта.

Однако последующий упадок привел к значительной утрате материально-технической базы, в частности испытательных площадей за исключением полигона в Раменском, который сильно сократился в размерах. Наблюдался отток специалистов за рубеж. Финансирование разработок в области магнитной левитации было остановлено, а государственная программа «Высокоскоростной экологически чистый транспорт» не способствовала развитию технологии [1].

Разработки были возобновлены в начале 2010-х годов, в первую очередь с консолидации наследия советских времен. В связи с тем, что в СССР все проекты были сфокусированы на пассажирских перевозках, а также ввиду очередного коллапса проекта высокоскоростной железнодорожной магистрали в центре внимания оказался пассажирский транспорт.

Впоследствии, с созданием научно-образовательного кластера «Российский Маглев» и пришедшего ему на смену консорциума «Российский Маглев», фокус отечественных разработок сместился в сторону грузовых перевозок как наиболее востребованных и превалирующих по объемам в стране.

Магнитолевитационная транспортная система

Магнитолевитационная транспортная система представляет собой комплекс технологий, предприятий и способов ведения деятельности, в совокупности образующих полноценную отрасль народного хозяйства. Особенностью создания такого отечественного проекта является системный подход, охватывающий не просто отдельный вид транспорта, но всю совокупность видов деятельности, связанных с устойчивым функционированием отрасли. В современных геополитических реалиях [2] отдельной задачей стоит обеспечение отрасли отечественными сырьем и материалами, производственными мощностями, а также интеллектуальным капиталом.

В этом отношении маглев нельзя назвать безнадежно отстающим видом транспорта. Известны актуальные задачи импортозамещения на водном, воздушном, автомобильном и железнодорожном транспорте. Магнитолевитационная транспортная система изначально сконфигурирована для обеспечения транспортной безопасности страны. В связи с этим проведена большая работа по поиску и привлечению в проект инновационно ориентированных предприятий, способных не только разрабатывать и производить продукцию для магнитолевитационного транспорта, но и соответствовать самым высоким стандартам.

Следует отметить, что ряд наших систем не только не уступает зарубежным аналогам, но и превосходит их по отдельным параметрам. Это позволяет

говорить о создании в Российской Федерации высокотехнологичной прогрессивной транспортной технологии, обеспечивающей технологическое лидерство в отрасли.

Консорциум «Российский Маглев» сформулировал политику постоянного улучшения, направленную на сохранение и преумножение накопленных знаний для применения в смежных отраслях народного хозяйства в целях содействия их прорывному развитию.

Высокоскоростной магнитолевитационный транспорт

Традиционно в мире высокоскоростной магнитолевитационный транспорт является своеобразным флагманом отрасли (рис. 1). В связи с этим за маглем закрепился имидж транспорта, предназначенного для перевозки пассажиров на скоростях свыше 400 км/ч. Появилась целая ниша, промежуточная между высокоскоростным железнодорожным (ВСМ) и авиатранспортом. Однако она существует пока только на бумаге. Реализован всего один высокоскоростной проект, который и является своеобразным лицом технологии — так называемый Шанхайский маглев.

Он неоднократно подвергался критике за высокую стоимость строительства, значительно превышающую ВСМ, убыточность, а также ряд проблем в эксплуатации. В частности, на международной конференции Маглев-2016 были обнародованы неутешительные сведения о проблемах с бетонным основанием эстакад, показавшие, что уровень вибраций, создаваемых маглем, возможно, выше ожидаемого. Данные проблемы породили целый ряд исследований в области конструкционных материалов [3].

Однако ситуация с высокоскоростным магнитолевитационным транспортом далеко не так однозначна, как выглядит на первый взгляд. В первую очередь необходимо отметить, что Шанхайский маглев является условно коммерческим проектом. В рамках круглого стола, посвященного вопросам сравнения магнитной левитации и ВСМ на конференции «Магнитолевитационные транспортные системы и технологии 2021», была представлена презентация, раскрывшая историю выбора технологии для высокоскоростных пассажирских перевозок в Китае.

В частности, отмечалось, что маглев изначально рассматривался как



Рис. 1. Высокоскоростной магнитолевитационный транспорт

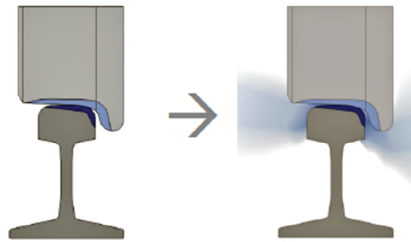


Рис. 2. Модель выброса пыли от контакта колеса — рельс [6]

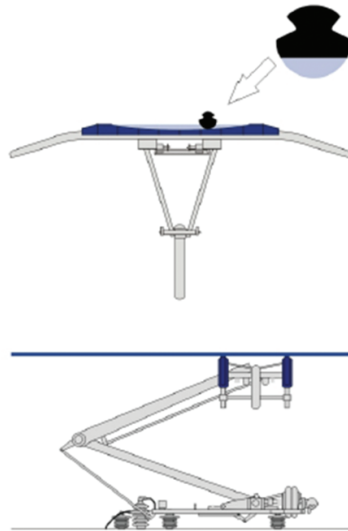


Рис. 3. Модель выброса пыли от контакта пантограф — контактный провод [6]

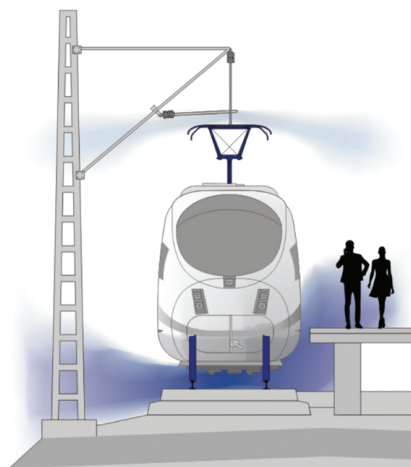


Рис. 4. Модель выброса пыли при подходе высокоскоростного поезда к пассажирской платформе [6]

перспективная технология в связи с непредлжительным по сравнению с высокоскоростными железнодорожными магистралями опытом ее эксплуатации. Именно поэтому первая пилотная линия ВСМ более чем в семь раз превышала магнитолевитационную линию по протяженности.

За время эксплуатации Шанхайского маглева был достигнут значительный прогресс в развитии такой высокоскоростной транспортной системы. Международный совет по магнитной левитации провел исследования, посвященные сравнению технико-экономических характеристик высокоскоростного маглева и ВСМ. Были получены следующие достоверные результаты.

1. Энергопотребление маглева по технологии «Транспрапид» на скорости 330 км/ч ниже самых экономичных поездов ВСМ: почти на 10 % ниже TGV Duplex и почти на 30 % ниже ICE3 в расчете на 1 место-км [4].

2. Влияние электромагнитных полей на пассажира маглева кратно ниже, чем на пассажира высокоскоростного поезда [5].

3. Один высокоскоростной поезд выбрасывает в атмосферу твердые частицы (от пантографа, тормозов и колес) в объеме до 4,9 т в год при пробеге 500 тыс. км (рис. 2–4), тогда как маглев не выбрасывает такие частицы вообще [6].

Изначальная трасса Шанхайского маглева не была удачным решением: аэропорт связан не с центром города, а с окраиной. Это снизило пассажиропоток. Последующее строительство параллельной линии метро также оказало негативное влияние на проект. Однако решение удлинить трассу вдвое, реализуемое в настоящее время, наглядно демонстрирует ее коммерческую перспективность.

Отдельно следует остановиться на Национальном транспортном плане Китая до 2035 г. В нем поставлены две цели развития высокоскоростной магнитной левитации:

1) строительство новых линий (около 660 км);

2) перевод ВСМ на магнитную левитацию по мере окончания срока жизненного цикла верхнего строения пути.

Реализация транспортного плана в КНР тесно связана с разработкой собственной системы магнитной левитации. В открытых источниках публикуется информация о состоянии разработки. Поезд сконструирован и уже проходит



испытания. Полномасштабная демонстрация приурочена к международной конференции «Маглев-2026».

Нельзя обойти стороной и японскую технологию. Несмотря на обрывочность информации о ней, известно о строительстве линии Токио — Осака — Нагоя. Несмотря на перенос сроков окончания стройки, проект остается актуальным. Более того, согласно данным Международного совета по магнитной левитации, внедрение японской технологии возможно также в США.

Кратко подводя итоги развития высокоскоростных магнитолевитационных систем, необходимо отметить следующее.

Высокоскоростной маглев, несмотря на относительную молодость, является достаточно зрелой в технологическом отношении транспортной системой. Две главенствующие технологии — электромагнитная и электродинамическая — имеют хорошие технико-экономические показатели по сравнению с традиционными системами высокоскоростного железнодорожного транспорта. Более того, возможное открытие сверхпроводимости при «комнатной температуре» положительно скажется на возможностях использования электродинамической левитации [7].

Как показывают планы Китая, высокоскоростной пассажирский маглев может рассматриваться как полноценная замена ВСМ. Уже сегодня это оправданно с точки зрения экономики и экологии.

В России, как известно, высокоскоростной железнодорожный транспорт

не развит, нет выделенных линий ВСМ и разработанной технологии. В этом отношении есть исторический шанс перескочить этап высокоскоростных железнодорожных магистралей и войти сразу в этап высокоскоростного маглева.

Городской магнитолевитационный транспорт

Все мировые разработки магнитолевитационного транспорта начинались с транспортных средств, передвигающихся на средних скоростях, не превышающих 120 км/ч. Сегодня это соответствует технологиям городского маглева, который наиболее широко распространен в мире.

Более того, уже обозначились четыре самостоятельные технологические разработки: три из них на основе электромагнитного подвеса (Китай, Япония, Южная Корея) и одна — на основе постоянных магнитов (Китай).

Первая в мире коммерческая линия среднескоростного маглева была построена в Японии в г. Нагоя и открыта в 2005 г. За время ее интенсивной эксплуатации накоплен большой объем знаний, в том числе экономического характера [8].

Так, эксплуатанты этой линии в 2017 г. на первом Международном форуме по магнитной левитации Nupan 2017 рапортовали не только о высокой надежности транспортной системы, но и об окупаемости проекта.

Запуск городского маглева в Южной Корее в 2016 г. позволил сформировать базу для сравнения действующих колесных транспортных систем. Так, согласно

отчету Центра проектирования городского маглева, 1 км демонстрационной магнитолевитационной линии оказался дешевле системы «колесо — рельс» более чем на 10 % и лишь немного уступил по стоимости строительства монорельсу. При этом эксплуатационные расходы маглева колебались в пределах 60–70 % от аналогичных расходов колесных транспортных систем.

Эксплуатация городского магнитолевитационного транспорта выявила его существенные преимущества для использования в городских условиях: низкий уровень шума и вибрации, способность вписываться в городской ландшафт [9].

Таким образом, городской маглев имеет преимущества перед остальными видами транспорта по важнейшему показателю — стоимости одного года жизненного цикла. Неслучайно в Китае уже внедрен целый ряд пригородно-городских магнитолевитационных линий и взят курс на дальнейшее развитие технологии.

В России пригородно-городской электротранспорт широко распространен, поэтому массового внедрения маглева в ближайшие годы не предвидится. Однако ряд проектов по развитию внеуличного транспорта целесообразно планировать с использованием технологии магнитной левитации как более дешевой по сравнению с используемыми. Этот подход может использоваться в том числе для замещения метрополитена, а в отдельных случаях — и для перевода метрополитена на магнитную левитацию.

Грузовой магнитолевитационный транспорт

Грузовой магнитолевитационный транспорт долгое время оставался вне поля зрения специалистов. Наиболее известными являются попытки создания грузовой линии в США в начале 2000-х годов. Они ожидаемо не увенчались успехом, однако выявили главную задачу грузového маглева — снизить финансовую емкость инфраструктуры до такой величины, чтобы стоимость одного года жизненного цикла магнитолевитационной линии стала дешевле железной дороги. Реализация этого плана потребовала переноса активной части системы подвеса и электродвижения с пути на подвижной состав. Это позволило радикально удешевить инфраструктуру, но привело к удорожанию подвижного состава.

С точки зрения общей экономики грузовой транспортной системы сложилась следующая картина. Стоимость инфраструктуры снизилась радикально. Это стало возможным, во-первых, за счет исключения на ней активных элементов, во-вторых, благодаря объективным характеристикам магнитолевитационного транспорта, в частности показателям нагрузки на путь.

Если на железной дороге контакт между подвижным составом и путем происходит через небольшое пятно колеса, то магнитолевитационный подвижной состав контактирует с путем посредством так называемой левитационной лыжи. Иными словами, подвижной состав передает свой вес на путь через всю площадь взаимодействия магнита и реактивной полосы.

Подсчитано, что для высокоскоростных пассажирских транспортных систем статическая нагрузка на путь на железнодорожном транспорте колеблется в пределах $5000\text{--}10\,000\text{ кг/см}^2$, тогда как для маглева по технологии «Трансрапид» это значение составляет 1 кг/см^2 . Данное соотношение будет справедливо и при сравнении грузовой железнодорожной и левитационной фитинговой платформы, принимая во внимание весовые характеристики магнитолевитационного подвижного состава [10, 11].

Другим важным аспектом является характер передачи нагрузки от подвижного состава на путь. Если железнодорожный вагон в общем случае передает нагрузку через восемь «пятен», напрямую контактируя с рельсом, то маглев передает ее равномерно бесконтактно. При движении железнодорожного вагона возникает своеобразная волна, деформирующая путевое строение, с ярко выраженной ударной эпюрой. При движении левитационного вагона контакт происходит через магнитное поле. При этом деформирующее воздействие и ударное взаимодействие отсутствуют, а волна имеет сильно сглаженный вид благодаря большой площади контакта. Это приводит к существенно меньшему износу левитационного пути по сравнению с железнодорожным [12].

Однако износ — не единственное следствие особенностей контакта пути и подвижного состава. Левитационный путь требует существенно менее массивного основания. По предварительным оценкам, масса 1 метра пути маглева в 3–4 раза меньше, чем желез-

нодорожного пути. При этом есть возможность использовать композитные материалы, что позволит снизить массу левитационной эстакады не менее чем на 20 %.

Вследствие этого левитационный путь:

- требует существенно меньшего ремонта, чем железнодорожный, и имеет больший срок жизненного цикла;
- проще в строительстве конструкции и требует меньшего использования строительной техники (тяжелая техника не требуется), при этом сроки возведения значительно меньше.

Эти два ключевых следствия позволяют говорить о возможности быстрого строительства левитационных магистралей и их длительного безремонтного использования.

Долгое время стоимость пассивного левитационного пути не была подтверждена реальным опытом. Однако в начале 2020-х годов компания Max Boegl (Германия) разработала и запустила в тестовую эксплуатацию линию магнитолевитационного транспорта на пассивном пути. По данным компании, стоимость строительства левитационного пути оказалась в два раза ниже стандартного железнодорожного [13, 14].

Безусловно, к таким данным необходимо относиться с осторожностью, однако необходимо принимать во внимание, что стоимость железной дороги средней грузонапряженности утраивается за 50 лет только за счет средних и капитальных ремонтов. При этом объем технического обслуживания и текущего ремонта пути на железной дороге превышает объем аналогичных работ на магнитолевитационной линии.

С подвижным составом магнитолевитационного транспорта складывается несколько иная ситуация. Подвижной состав маглев дорожке железнодорожного. Это обусловлено наличием на каждой единице подвижного состава линейного двигателя, левитационного и управляющего оборудования. Однако есть и обратная сторона вопроса, нивелирующая разницу.

Во-первых, это отсутствие тягового подвижного состава. Как известно, локомотивы являются дорогостоящей техникой, причем в отношении не только инвестиций, но и обслуживания и ремонта. Необходимо также принимать во внимание, что на время ремонтов локомотив фактически выпадает из производственного процес-

са. Согласно регламентам ремонтных работ, тепловоз на дизельном двигателе в среднем простаивает более 60 суток в год. Это приводит к необходимости содержать избыточный парк локомотивов.

Во-вторых, динамические характеристики магнитолевитационного подвижного состава таковы, что период оборота вагона существенно ниже. Это позволяет добиться снижения потребности в подвижном составе до десятка раз в зависимости от характеристик линии.

В-третьих, немаловажна стоимость обслуживания собственного подвижного состава. Согласно данным Международного совета по магнитной левитации, для пассажирских вагонов разница составляет 10–15 раз по сравнению с железной дорогой.

Наконец, важен срок жизненного цикла подвижного состава. Отсутствие ударного взаимодействия приводит к более низкому износу элементов. Благодаря этому срок жизни магнитолевитационного подвижного состава значительно длиннее.

Резюмируя описанное в отношении грузового магнитолевитационного транспорта, следует отметить, что он обладает потенциалом более низких инвестиционных и эксплуатационных расходов по сравнению с железнодорожным [15].

Согласно сведениям Max Boegl, при тестовой эксплуатации в порту Гамбург достигнуто снижение эксплуатационных расходов в два раза по сравнению с железнодорожным и на 20 % — по сравнению с автомобильным транспортом при перевозке контейнеров между причалом и терминалом.

В России есть перспективы внедрения грузового магнитолевитационного транспорта, особенно в регионах, не обеспеченных транспортом в достаточной степени.

Инфраструктура магнитолевитационного транспортного комплекса

Транспортная инфраструктура включает в себя всю совокупность служб, обеспечивающих бесперебойное функционирование транспортной системы.

Как известно, комплекс железнодорожных хозяйств имеет развитую структуру. Она включает в себя предприятия, связанные со строительством, ремонтом, эксплуатацией объектов железно-

Основные хозяйства магнитолевитационного и железнодорожного транспорта

Хозяйство	Магнитолевитационный транспорт	Железнодорожный транспорт
Безопасность движения	В управлении движением	Отдельная служба
Служба связи	1 служба	2 службы
Вагонное хозяйство	1 служба	3 службы
Капитальное строительство	1 служба	1 служба
Служба пути	1 служба	2 службы
Электросистемы	1 служба	1 служба
Управление движением	1 служба	4 службы
Локомотивное хозяйство	Не требуется	4 службы

дорожного транспорта, управлением движением, формированием поездов и многими другими операциями. Этот комплекс включает большое количество зданий и сооружений, оборудования, рабочих мест, земельных участков.

Очевидно, что магнитолевитационный транспорт требует меньшего количества обслуживающей инфраструктуры. Так, уход от тягового подвижного состава влечет и отсутствие инфраструктуры локомотивного хозяйства, значительно меньшие размеры имеет путевое и вагонное хозяйство. Различия по основным хозяйствам представлены в таблице.

Даже такое неполное представление убедительно показывает, насколько обслуживающий комплекс магнитолевитационного транспорта более компактен по сравнению с железнодорожным.

Заключение

Необходимо подчеркнуть, что, несмотря на заметные преимущества маглева перед другими видами наземного транспорта, некорректно говорить о конкуренции между магнитолевитационным и железнодорожным транспортом. Этот вопрос необходимо воспринимать с различных позиций [16].

С позиции конкуренции за грузопотоки необходимо учитывать тот факт, что транспортная обеспеченность больших территорий страны находится на недостаточно высоком уровне. Принимая во внимание природные особенности этих регионов, особенно северных, можно сделать вывод, что железные дороги в них появятся нескоро. Это горизонт 50–100 лет, т.е. недопустимый срок для освоения территорий. И в этом ключе проект «Российский Маглев» ориентирован скорее на дальнейшее развитие транспортных связей внутри страны, нежели на дублирование имеющихся направлений.

С позиции ресурсов можно утверждать, что конкуренция практически отсутствует, поскольку используются совершенно разные ресурсы. Например, значительная часть инфраструктуры магнитолевитационного транспорта может быть выполнена на основе композитных материалов, тогда как на железнодорожном транспорте использование композитов весьма ограничено.

Технология «Российский маглев» еще не является полноценной в том смысле, что пока нет налаженной работающей отраслевой структуры. Однако вся необходимая для этого подготовительная работа проведена, и у России есть исторический шанс войти в эру магнитолевитационного транспорта мировым технологическим лидером.

Источники

1. Антонов Ю. Ф., Зайцев А.А. Магнитолевитационная транспортная технология / под ред. В.А.Гапановича. М.: Физматлит, 2014. 476 с. URL: https://fictionbook.ru/author/yu_f_antonov/magnitolevitacionnaya_transportnaya_tehnologiya (дата обращения 30.10.2023).

2. Указ Президента РФ «О национальных целях развития России до 2030 года» от 21.07.2020 г.№ 474. URL: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201805070038.pdf> (дата обращения 30.10.2023).

3. Seppo Hauta-aho. Guidance beam manufacturing method for maglev- and high-speed train application: doct. diss. Aalto Univ. Publ. series 69/2019.

4. Fritz E., Klühspies J., Kircher R., Witt M., Blow L. Energy Consumption of Track-Based High-Speed Transportation Systems. Maglev Technologies in Comparison with Steel-Wheel-Rail // The Int. Maglev Board. Germany. Nov. 2018.

5. Kircher R., Palka R., Fritz E., Eiler K., Witt M., Blow L., Klühspies J. Electro-magnetic Fields of High-Speed Transportation Systems Maglev Technologies in Comparison with Steel-Wheel-Rail // The Int. Maglev Board. Germany. Oct. 2018.

6. Klühspies J., Kircher R., Eiler K., Fritz E., Zaitsev A. Particulate matter in high-speed rail and maglev systems // The Int. Maglev Board. Germany. 2020.

7. Deng Z., Zhang W., Zheng J. et al. A High-Temperature Superconducting Maglev-Evacuated Tube Transport (HTS Maglev-ETT) Test System // IEEE Transactions on Applied Superconductivity. 2017. Vol. 27, no. 6.

8. Hekler M., Klühspies J. Disruptive technologies transform-ing urban mobility? The role of the ecobee urban maglev system in the Seoul traffic vision 2030, South Korea // Transp. Syst. Technol. 2018. Vol. 4. P. 1115–1123. DOI: 10.17816/transssyst201843s1115-123.

9. Hyung-Suk Han, Dong-Sung Kim. Magnetic Levitation. Maglev Technology and Applications. Springer, 2016. (Springer Tracts on Transportation and Traffic. Vol. 13.) DOI: 10.1007/978-94-017-7524-3.

10. Dutch Ministry of Transport: Feasibility study Maglev Amsterdam-Groningen “Zuiderzeelijn”. Dornier Consulting, 2006.

11. Cavagnaro M. New freight transport system for the European rail network. Italy, March, 2017.

12. Ульянов Н. Магнит тянет в полет. URL: <https://expert.ru/expert/2021/18/magnit-tyanet-v-polet> (дата обращения 30.10.2023).

13. Weltpremiere des TSB Cargo in Hamburg. Pressemeldung ITS Weltkongress Hamburg, 11–15 Okt. 2021.

14. Machbarkeitsstudie zum Einsatz alternativer Verkehrssysteme im spurgeführten ÖPNV. PTV Transport Consult GmbH. Karlsruhe, Dez. 2021.

15. Смирнов С. А., Смирнова О.Ю. Оценка эффективности видов наземного транспорта для массовых грузовых перевозок // Транспортные системы и технологии. 2017. Т. 3, № 4. С. 204–220. DOI: 10.17816/transssyst201734204-220.

16. Смирнов С. А., Смирнова О.Ю. Особенности оценки социально-экономических эффектов, возникающих в результате строительства линий грузового магнитолевитационного транспорта // Инновационные транспортные системы и технологии. 2022. Т. 8, № 3. С. 142–156.

Как повысить эффективность полувагона: направления снижения технического коэффициента тары



А. М. Орлова,
д-р техн. наук, профессор, генеральный директор ООО «Всесоюзный научно-исследовательский центр транспортных технологий» (ВНИЦТТ), директор дирекции научно-технического развития ПАО «Научно-производственная корпорация „Объединенная вагонная компания“»,



К. П. Демин,
директор научно-исследовательской дирекции ООО «ВНИЦТТ»,



Р. В. Попеску,
инженер-исследователь ООО «ВНИЦТТ», аспирант кафедры «Наземные транспортно-технологические комплексы» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I

Одна из важнейших задач вагоностроительной промышленности Российской Федерации на современном этапе — снижение массы тары железнодорожного подвижного состава, т.е. его собственной массы, включая тележки и колесные пары.

Эффективность снижения массы тары грузового вагона оценивается ее коэффициентами: техническим, погрузочным и эксплуатационным. В настоящей работе рассмотрим технический (конструктивный) коэффициент, представляющий собой отношение массы тары вагона к его грузоподъемности:

$$k_t = \frac{T}{P}, \tag{1}$$

где T — масса тары вагона, т;
 P — грузоподъемность вагона, т.

Проанализируем значения технического коэффициента тары наиболее распространенного на сети железных дорог РФ типа вагона — универсального четырехосного полувагона. На рис. 1 приведены результаты анализа значений технического коэффициента тары моделей, сертифицированных в период 2000–2023 гг. В анализе приведены люковые полувагоны с осевой нагрузкой 23,5, 25 и 27 тс.

Наименьший коэффициент характерен для моделей с минимальной массой тары, небольшими грузоподъемностью и объемом кузова, оснащенных тележками с осевой нагрузкой 23,5 тс (полу-

вагоны модели 12-2122-01 и 12-2122-02 с объемом кузова 83,7 м³ и грузоподъемностью 71 т), или же, наоборот, для моделей с повышенными грузоподъемностью и объемом кузова, оснащенных тележками с увеличенной осевой нагрузкой 27 тс (полувагон модели 12-9548 с объемом кузова 108 м³ и грузоподъемностью 82 т).

Для большей части люковых полувагонов с объемом кузова от 76 до 94 м³ и осевой нагрузкой 23,5 и 25 тс, в число которых входят флагманские модели ведущих производителей, такие как 12-9853 (ПАО «НПК ОВК»), 12-196-01 и 12-196-02 (АО НПК «УВЗ»), а также 12-2159 (АО «Алтайвагон»), коэффициент тары составляет 0,33–0,35.

Из формулы (1) видно, что снижение технического коэффициента тары достигается путем уменьшения массы тары вагона и увеличения его грузоподъемности. В свою очередь, снижение массы тары может быть достигнуто применением рациональных конструктивных решений, оптимальным выбором материалов, совершенствованием технологии изготовления и ремонта, применением при проектировании более совершенных методов расчета

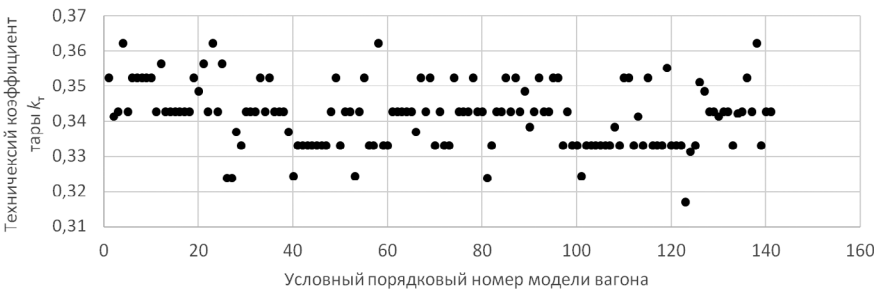


Рис. 1. Значения технического коэффициента тары четырехосных универсальных полувагонов

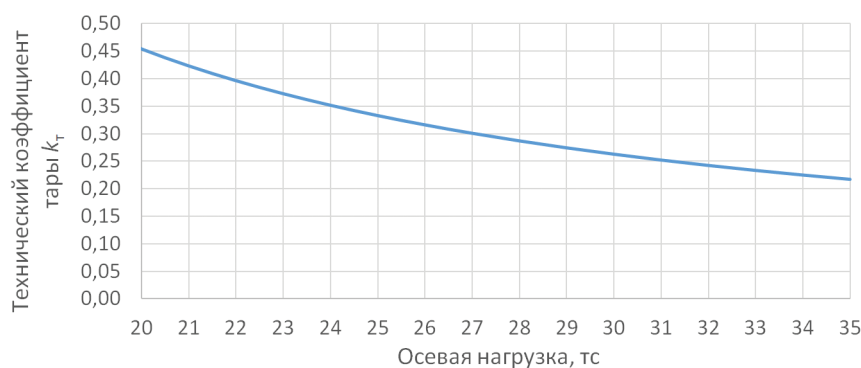


Рис. 2. Зависимость технического коэффициента тары от допустимой осевой нагрузки при неизменной массе тары вагона

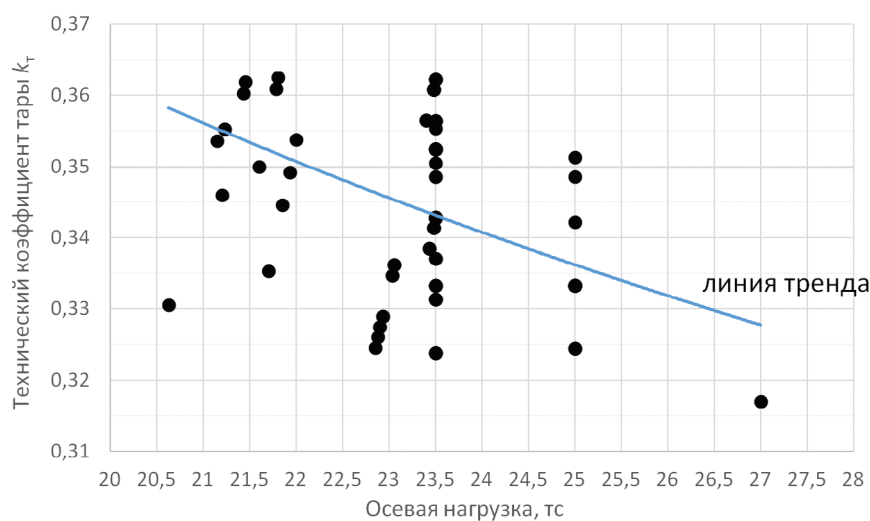


Рис. 3. Значения технического коэффициента тары четырехосных универсальных полувагонов с различной осевой нагрузкой

и испытаний с понижением коэффициентов запаса [1]. В настоящей работе рассмотрены некоторые пути снижения технического коэффициента тары универсального четырехосного полувагона, указаны их преимущества и недостатки.

Повышение допустимой осевой нагрузки

Одним из способов снижения технического коэффициента тары вагона является увеличение допустимой нагрузки от колесной пары на рельсы. Рассмотрим данный способ на примере четырехосного вагона. Зависимость технического коэффициента тары вагона массой T от допустимой осевой нагрузки можно выразить формулой

$$k_T = \frac{T}{(n \cdot P_0) - T}, \quad (2)$$

где n — число осей вагона, шт.;

P_0 — допустимая нагрузка от колесной пары на рельс, кН.

Из формулы (2) видно, что при увеличении допустимой осевой нагрузки технический коэффициент тары сни-

жается. На рис. 2 приведен график зависимости технического коэффициента тары от допустимой осевой нагрузки для четырехосного вагона при неизменной tare $T = 25$ т.

Приведенный график иллюстрирует общую динамику изменения технического коэффициента тары при увеличении допустимой осевой нагрузки, но не отражает строгой зависимости между этими параметрами, так как при проектировании реального вагона с увели-

чением его осевой нагрузки будут изменяться другие его параметры. Однако тренд снижения коэффициента тары при увеличении осевой нагрузки сохраняется, что иллюстрирует рис. 3, на котором приведены значения технического коэффициента тары универсальных четырехосных полувагонов с различной осевой нагрузкой.

Увеличение осевой нагрузки является эффективным способом снижения технического коэффициента тары вагона, но сегодня в сети железных дорог колеи 1520 мм допускается нагрузка не выше 25 тс [2, 3]. Таким образом, в настоящее время необходимо искать пути снижения технического коэффициента тары в пределах существующих ограничений, разрабатывая вагоны с осевой нагрузкой, не превышающей 25 тс.

Уход от универсальности вагонов

Одним из возможных способов снижения технического коэффициента тары полувагона является уход от универсальности и перевозка ограниченного перечня грузов [4].

При проектировании нового вагона прочность конструкции определяется расчетными методами согласно [5, 6]. При этом наибольшие напряжения возникают согласно I режиму, а одним из наиболее нагруженных элементов является торцевая стена, которая дополнительно проверяется на прочность при действии продольной силы, равномерно распределенной на нижнюю часть до высоты 600 мм по всей ширине кузова, что соответствует случаю перевозки тяжелых, уложенных штабелями грузов.

На рис. 4 приведено напряженно-деформированное состояние торцевой стены при ударе по I режиму для варианта загрузки вагона насыпным и штабельным грузами. Как видно из рис. 4, при ударе по I режиму для схемы за-

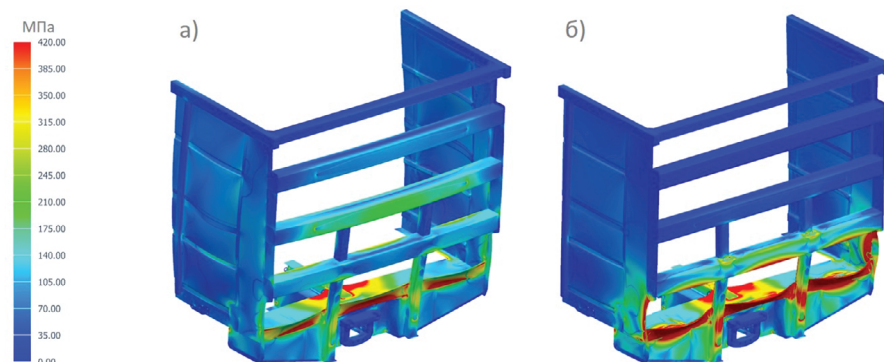


Рис. 4. Распределение эквивалентных напряжений в конструкции торцевой стены универсального четырехосного полувагона при ударе при загрузке: а) насыпным грузом; б) штабельным грузом

грузки штабельным грузом перегружается нижняя обвязка торцевой стены, вертикальные стойки, а также нижний горизонтальный пояс, что обязывает рассматривать данную схему загрузки как лимитирующую для этих узлов и закладывать в конструкцию запас прочности, исходя из полученных напряжений.

Учитывая, что объем перевозок штабельного груза в полувагонах незначителен, возникает вопрос, необходимо ли закладывать в конструкцию запас прочности согласно схеме загрузки, которая не является определяющей в эксплуатации? Уход от универсальности вагона в пользу ограниченного перечня перевозимых грузов видится вполне возможным решением, которое позволит исключить редко реализуемые случаи нагружения, а также снизить расчетные нагрузки. Оно даст возможность не закладывать чрезмерный запас прочности, применять элементы более экономичного сечения, а значит, снизить массу тары вагона и технический коэффициент тары. При этом, конечно, нельзя забывать, что недостатком такого подхода является потеря полувагоном его универсальности.

Применение новых конструктивных решений

Уменьшить технический коэффициент тары можно за счет использования новых конструктивных решений, обеспечивающих снижение металлоемкости элементов вагона при сохранении требуемых показателей прочности. Рассмотрим данный метод на примере одного из основных несущих элементов полувагона — хребтовой балки.

В настоящее время большинство универсальных полувагонов имеют составную хребтовую балку ИЗ двух зетовых профилей по ГОСТ 5267.3-90 из сварного или горячекатаного двутавра. Масса такой конструкции составляет около 2500 кг. Однако существуют и альтернативные варианты конструкции.

Так, в полувагоне модели 12-9548-02 (ПАО «НПК ОВК») реализована хребтовая балка новой конфигурации, отличающаяся исполнением консольной части с объединенным упором [7].

Она состоит из литой консольной части I, объединяющей в себе задние и передние упоры с ударной розеткой, пятник, надпятник и часть хребтовой балки (рис. 5). Центральная часть II состоит из гнутого омега-профиля, который приваривается к литой консоли.

Центральная часть усилена диафрагмами и накладками. Петли разгрузочных люков установлены на вертикальных стенках омегаобразного профиля.

Совокупность технических решений, реализованных в описанной конструкции хребтовой балки, позволила снизить массу на 400–450 кг по сравнению с типовой конструкцией (масса хребтовой балки с литой консолью универсального полувагона модели 12-9548-02-2094 кг; масса хребтовой балки типовой конструкции универсального полувагона модели 12-9853-2530 кг).

Благодаря уменьшению массы хребтовой балки снижается масса кузова вагона, увеличивается грузоподъемность, что в совокупности обеспечивает уменьшение технического коэффициента тары.

Применение новых конструктивных решений, направленных на уменьшение металлоемкости, при условии сохранения требуемых показателей прочности, безусловно, способно обеспечить снижение технического коэффициента тары. В то же время зачастую такие решения усложняют технологию изготовления и ремонта вагона.

Применение новых конструкционных материалов

Как известно, основным материалом для постройки первых отечественных вагонов (1840-е годы) являлась древесина, из которой изготавливались все несущие элементы кузова.

Появление более мощных паровозов и увеличение грузооборота железных дорог поставили перед инженерами задачу создать более совершенные конструкции вагонов. Выполнение этой задачи потребовало в том числе применения новых конструкционных материалов.

По инициативе отдельных железных дорог в 1895 г. началось строительство большегрузных четырехосных вагонов (цистерн, платформ, полувагонов, крытых и изотермических вагонов), в конструкции которых были внедрены более совершенные элементы рамы кузова — несущие металлические продольные балки в форме бруса равного сопротивления изгибу [8].

В 1930-е годы разработаны нормативы для проектирования четырехосных вагонов и созданы новые конструкции [8]. В этих проектах предусматривалось полное изъятие древесины из несущих элементов рам и широкое применение сварки. Несущие конструкции стали изготавливать из углеродистой стали, отличающейся большой пластичностью, малой чувствительностью к концентрации напряжений, хорошо поддающейся обработке и сварке, что упрощало технологии штамповки, гибки, сварки, широко применяемые в вагоностроении.

В то же время углеродистые стали имели определенные недостатки, например, малую прочность (для наиболее нагруженных элементов кузова и рамы применялась сталь Ст3-4 с пределом текучести σ_t не выше 235 МПа) и невысо-

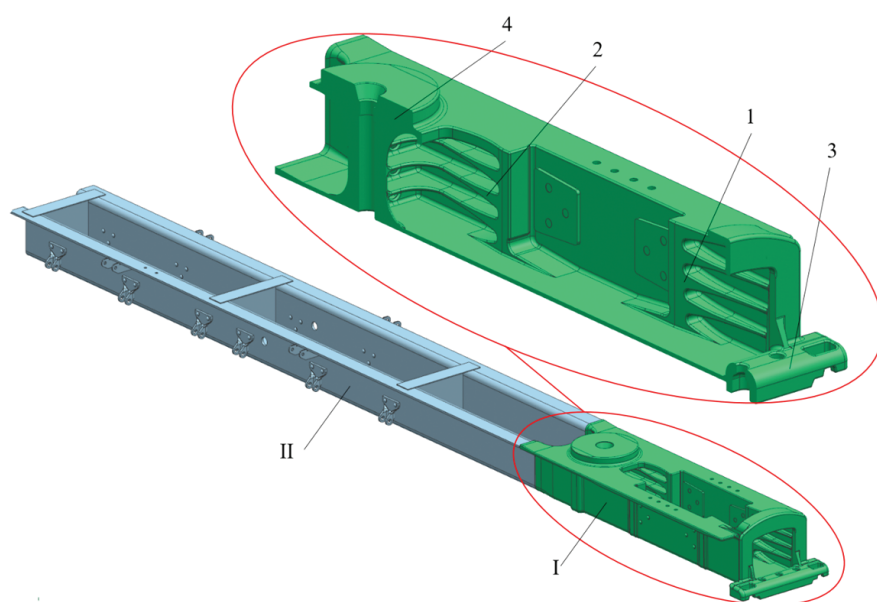


Рис. 5. Хребтовая балка с литой консольной частью: I) литая консольная часть: 1 — литой передний упор; 2 — литой задний упор; 3 — розетка ударная; 4 — надпятник с пятником; II) центральная часть из гнутого омега-профиля



Рис. 6. Универсальный полувагон модели 12-6744

кое сопротивление коррозии.

Сразу после Второй мировой войны начался переход на низколегированные стали. Это позволило применить элементы с уменьшенной толщиной стенок, что в свою очередь обеспечило снижение массы тары вагона. Так, тара четырехосного полувагона уменьшилась на 1,3–1,4 т по сравнению с моделью, изготовленной из углеродистой стали.

В настоящее время для несущих конструкций вагонов наиболее широко применяется низколегированная сталь марки 09Г2С по ГОСТ 19281-2014. Прокат изготавливают следующих классов прочности: 265, 295, 315, 325, 345, 355, 375. Чаще всего применяют прокат 325 (шкворневая балка, отдельные элементы вагона толщиной 10 мм и более) и 345 (отдельные элементы вагона толщиной менее 10 мм).

Существенное снижение тары вагона можно обеспечить применением алюминиевых сплавов. В отечественном грузовом вагоностроении их внедряли в 1960–1980-е гг.

Первыми алюминиевыми вагонами были цистерны для транспортировки крепкой азотной кислоты (модель 15-1596) и молока (модель 15-886). Алтайский вагоностроительный завод изготовил крытый вагон с применением алюминиевых профилей, что обеспечило снижение массы тары на 4,6 т.

На Уральском вагоностроительном

заводе создали четырехосный полувагон с обшивкой из сплава АМг6 с болтовым креплением к стальному каркасу. По аналогичной технологии был изготовлен шестисотый полувагон, масса тары которого уменьшилась на 3,4 т.

В 1973 г. построили четырехосный универсальный полувагон с цельноалюминиевым кузовом, в конструкции которого использовались профили и пресованные панели для рамы и листовой прокат для обшивки. После опытной эксплуатации кузовов практически не имел коррозионных повреждений, однако были выявлены трещины в узле соединения шкворневой балки с хребтовой, что свидетельствовало о недостаточной прочности конструкции.

В целом были опробованы несколько подобных проектов, однако ряд сдерживающих факторов, таких как недостаточный опыт работы с алюминиевыми сплавами, лимит на выделяемые для вагоностроения ресурсы, усложнение и удорожание ремонта, высокая стоимость производства алюминиевых сплавов и, как следствие, минимальный экономический эффект от его применения, не позволили начать серийный выпуск и эксплуатацию алюминиевых вагонов в 1960–1980-е гг.

Интерес к применению алюминия в конструкциях грузовых вагонов возобновился в начале 2000-х. По инициативе ОАО «СУАЛ-холдинг» АО «Концерн „Уралвагонзавод“» разработал

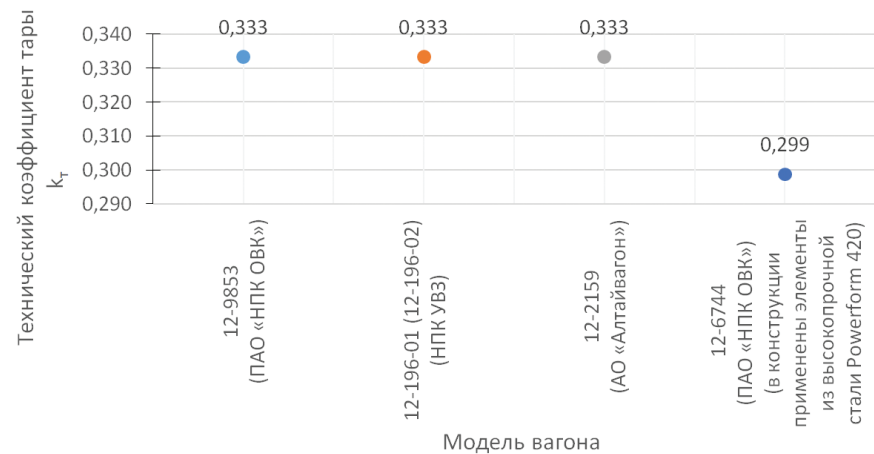


Рис. 7. Значения технического коэффициента тары универсальных полувагонов

конструкцию четырехосного полувагона, рама которого была изготовлена из стали марки 09Г2С, а все остальные элементы кузова — из алюминия марки АМг6.

Массу тары удалось снизить на 4,5 т по сравнению с полувагоном модели 12–197, на базе которого разрабатывался алюминиевый полувагон. Однако дальнейшее развитие проект не получил, так как при проведении испытаний была выявлена низкая прочность отдельных узлов.

В 2004 г. по заказу ОАО «РЖД» разработкой полувагона из алюминия занималось Воронежское акционерное самолетостроительное общество совместно с ВНИИЖТ и ОАО «СУАЛ-холдинг». Полувагон обладал рядом новых конструктивных решений, выделяющих его среди не только отечественных моделей, но и зарубежных аналогов.

Однако при проведении испытаний было выявлено, что некоторые узлы требуют доработки, поскольку появились трещины в продольных элементах концевых балок, в шкворневой балке, в местах соединения раскосов и пола.

В последние годы применение алюминиевых сплавов в вагоностроении активно осваивает компания РМ Рейл [9]. В 2023 г. производитель сертифицировал вагон-хоппер модели 19-1299-01 с цельносварным алюминиевым кузовом. Массу тары удалось снизить до 21 т, при этом грузоподъемность составила 79 т, что на 3–8 т больше, чем у вагонов-аналогов.

Безусловно, применение алюминиевых сплавов в грузовом вагоностроении имеет ряд преимуществ, наиболее значимые из которых — возможность существенного снижения массы тары вагона, а также повышенная коррозионная стойкость алюминиевых конструкций. Однако широкомасштабное применение алюминиевых сплавов сдерживается такими факторами, как их высокая стоимость, отсутствие эффективного решения проблемы изоляции стальных конструктивных элементов от выполненных из алюминия (поскольку между ними возникает гальваническая коррозия), сложность технологии сварки алюминиевых сплавов, а также низкая усталостная прочность основного материала сварных соединений.

В настоящее время снижение массы тары грузового вагона при сохранении существующих технологий производства сварных вагонных конструкций

Высокопрочные стали отечественных металлургических предприятий

Производитель	Марка стали	Предел текучести σ_t , МПа	Предел прочности σ_b , МПа	Толщина проката, мм
ПАО «Северсталь»	Powerform	420–700	480–930	2–16
	Powerweld	420–870	480–940	8–40
ПАО «ММК»	MAGSTRONG	550–900	600–1150	2,5–50
ПАО «НЛМК»	S500MC	≥500	550–700	4–30

и обеспечения требуемых показателей прочности, в том числе усталостной, способно обеспечить применение высокопрочной стали. Ее внедрение в вагоностроении возможно при комплексном взаимодействии вагоностроителей с металлургической отраслью [10]. При создании нового сортамента высокопрочной стали должны быть учтены требования, предъявляемые к вагонным конструкциям, проработаны вопросы свариваемости и технологии упрочнения сварных соединений.

Между тем ведущие металлургические предприятия уже сегодня готовы предложить вагоностроителям продукцию из высокопрочной стали (см. таблицу).

ПАО «Северсталь» для железнодорожного машиностроения предлагает прокат из высокопрочной стали Powerform с пределом текучести σ_t 420–700 МПа [11]. Эта конструкционная сталь, обладающая оптимальным соотношением прочностных и пластических характеристик, обеспечит снижение металлоемкости конструкции.

Также производитель предлагает прокат из стали Powerweld (σ_t 420–870 МПа), обладающей помимо высоких прочностных характеристик отличной свариваемостью. Прокат из стали Powerhard (σ_t 950–1200 МПа) предназначен для изготовления узлов, работающих в условиях повышенного износа. Помимо перечисленных марок выпускается прокат из стали марок 16Х2ГСБ ($\sigma_t \geq 590$ МПа), 14ХГ2СФД ($\sigma_t \geq 690$ МПа) и 18ХГНМФР ($\sigma_t \geq 950$ МПа), применяемый для рам и кузовов карьерных самосвалов [12].

ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ПАО «ММК») также производит продукцию из высокопрочной стали и предлагает высокопрочный конструкционный листовой прокат из стали MAGSTRONG разных классов прочности (σ_t 550–900 МПа), предназначенный для кранового производства, тяжелой и легкой транспортной техни-

ки, манипуляторной техники, несущих конструкций, емкостей сыпучих грузов, нагруженных сварных конструкций и т.д. [13].

Также ПАО «ММК» предлагает листовую прокат для криогенного оборудования из стали MAGSTRONG CRYOGENIC (σ_t 480 МПа), которая может быть использована в вагоностроении при изготовлении железнодорожных цистерн.

ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат» (ПАО «НЛМК») выпускает листовую прокат из стали марки S500MC ($\sigma_t \geq 500$ МПа) [14]. Продукция пользуется спросом у предприятий, занимающихся производством тяжелой техники и крупногабаритного оборудования.

Стоит отметить, что уже есть опыт применения высокопрочной стали в конструкциях грузовых вагонов. Специалисты АО «НВЦ „Вагоны“» разработали съемное оборудование для перевозки лесоматериалов. В качестве конструкционного материала применен прокат из высокопрочной стали марки RAEX [15]. Такое решение позволило снизить металлоемкость конструкции по сравнению с традиционным оборудованием, изготовленным из стали 09Г2С по ГОСТ 19281-2014. При этом были обеспечены необходимые показатели прочности и надежности.

По сравнению с алюминиевыми сплавами высокопрочная сталь обладает лучшими показателями сопротивления усталости, более низкой стоимостью. Кроме того, адаптировать существующие технологии изготовления и ремонта вагонов под конструкции из высокопрочной стали значительно проще, нежели под конструкции из алюминиевых сплавов.

Перечисленные достоинства позволяют сделать вывод, что именно высокопрочная сталь в настоящее время является наиболее предпочтительным конструкционным материалом, ее использование позволит снизить массу тары вагона и соответственно техниче-

ский коэффициент тары, не потребовав при этом существенного пересмотра технологий изготовления и ремонта вагонных конструкций.

В настоящее время ведущие представители вагоностроительной отрасли создают новые вагонные конструкции с применением высокопрочной стали.

АО НПК «УВЗ» разрабатывает универсальный полувагон, в конструкции которого планируется применение гнутых профилей из стали MAGSTRONG [16]. По оценке производителя, такое решение позволит снизить массу тары на 2 т.

ПАО «НПК ОВК» в августе 2023 г. в рамках Международного железнодорожного салона пространства 1520 «PRO//Движение. Экспо» презентовала новый универсальный полувагон модели 12-6744 (рис. 6), ряд несущих элементов которого выполнены из высокопрочной стали Powerform 420. Полувагон сочетает лучшие на рынке технико-экономические характеристики: грузоподъемность 77 т и объем кузова 94 м³.

Разработанный полувагон имеет осевую нагрузку 25 тс, как и флагманские модели из низколегированной стали, однако ряд технических решений и применение высокопрочной стали позволили создать облегченную конструкцию кузова с повышенной грузоподъемностью. На рис. 7 приведены значения технического коэффициента тары универсальных полувагонов с наилучшими на сегодня технико-экономическими показателям и полувагона модели 12-6744. Совокупность технических решений, реализованных в конструкции универсального полувагона модели 12-6744, обеспечили снижение технического коэффициента тары с 0,333 до 0,299.

Заключение

Таким образом, из возможных путей снижения технического коэффициента тары четырехосного универсального полувагона наиболее перспективными являются совершенствование конструкции и применение новых материалов: алюминиевых сплавов и высокопрочной стали.

Применение новых конструктивных решений, направленных на уменьшение металлоемкости, при условии сохранения требуемых показателей прочности, безусловно, способно обеспечить снижение коэффициента тары, однако зачастую такие решения услож-

няют технологический процесс сборки вагона.

Наибольший эффект дает применение алюминиевых сплавов, хотя их высокая стоимость, гальваническая коррозия между стальными и алюминиевыми элементами, сложность технологии сварки алюминиевых сплавов, а также низкая усталостная прочность основного материала сварных соединений не позволяют рассматривать данный способ снижения коэффициента тары как основной.

Несмотря на то, что по сравнению с алюминиевыми сплавами высокопрочная сталь обеспечивает несколько меньшее снижение массы тары, использование ее в качестве конструкционного материала имеет ряд преимуществ: более низкая стоимость, лучшие показатели сопротивления усталости, простота технологий изготовления и ремонта при переходе от конструкций из низколегированной стали к конструкциям из высокопрочной стали.

Перечисленные аргументы позволяют сделать вывод, что сегодня применение высокопрочной стали наиболее предпочтительно для снижения технического коэффициента тары универсальных четырехосных полувагонов. ■

Источники

1. Вагоны: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / Л.А.Шадур, И.И.Челноков, Л.Н.Никольский, Е.Н.Никольский, В.Н.Котуранов, П.Г.Проскурнев, Г.А.Казанский, А.Л.Спиваковский, В.Ф.Девятков; под ред. Л.А.Шадура. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1980. 439 с.
2. Orlova A., Savushkin R., Sokolov A., Dmitriev S., Semenov E., Boronenko Yu. Operational testing of trains and monitoring of 1520 mm gauge infrastructure under 27 t per axle load freight wagons // PROCEEDINGS: Int. Heavy Haul As. Conf. June 2019. ISBN (for the book): 9780911382709. ISBN (for the electronic version): 9780911382716. P. 79–84.
3. Соколов А. М., Орлова А.М. Осевая нагрузка 27 тс — новая веха развития вагоностроения // Вагоны и вагонное хозяйство. 2016. № 3 (47). С. 5–7.
4. Новоселов А. Ю., Коротков Д. С., Попеску Р.В. Улучшение технико-экономических характеристик полувагонов // Железнодорожный транспорт. 2023. № 7. С. 26–32.
5. ГОСТ 33211-2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамиче-

- ским качествам. М.: Стандартиформ, 2014.
6. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных), ГосНИИВ-ВНИИЖТ.М., 1996.
7. Савушкин Р.А., Кякк К.В., Бройтман О.А. и др. Научные технологии производства литых упоров, объединенных в составе хребтовой балки грузовых вагонов с осевой нагрузкой 27 тс // Научные технологии в машиностроении. 2018. № 6 (84). С. 7–17.
8. Шадур Л.А. Развитие отечественного вагонного парка. М.: Транспорт, 1988. 279 с.
9. RM Rail. Каталог продукции // Компания «RM Rail». URL: <https://rmrail.ru/catalogue/vagony-khoppery/vagon-khopper-dlya-perevozki-mineralnykh-udobreniy> (дата обращения 15.06.2023).
10. Бороненко Ю.П. Стратегические задачи вагоностроителей в развитии тяжеловесного движения // Транспорт РФ. 2013. № 5 (48). С. 68–73.
11. Северсталь. Каталог продукции // Компания «Северсталь». URL: <https://severstal.com/rus/clients/products-catalog/goryachekatanyy-prokat/powerform> (дата обращения 10.06.2023).
12. Никитин В. Н., Настич С.Ю., Смирнов Л.А. и др. Высокопрочные стали с экономным легированием для карьерного транспорта и горнодобывающей техники // Сталь. 2016. № 10. С. 57–66.
13. Магнитогорский металлургический комбинат. Каталог продукции // Компания «Магнитогорский металлургический комбинат». URL: <https://mmk.ru/ru/products/magstrong/catalog/20/#zoom=z> (дата обращения 18.06.2023).
14. Новолипецкий металлургический комбинат. Каталог продукции // Компания «Новолипецкий металлургический комбинат». URL: <https://nlmk.shop/catalog/wear-resistant-high-strength-steel/vysokoprochnaja-stal> (дата обращения 25.06.2023).
15. Таничева Н. А., Федоров И.В., Филиппова И.О. Съемное оборудование для перевозки лесоматериалов: новые технические решения и применение высокопрочных сталей // Изв. ПГУПС. 2020. Т. 17, № 1. С. 117–128.
16. Баранов А.Н. Внедрение высокопрочных марок сталей в конструкции вагонных изделий // Вагоны и вагонное хозяйство. 2023. № 1(73). С. 10–11.

Изменение площади конфликтных областей на регулируемом перекрестке



А. В. Меженков,
старший преподаватель
кафедры «Транспортные
технологии» Автомобиль-
но-дорожного института
Донецкого национального
технического университе-
та (АДИ ДонНТУ)

Согласно статистике, в улично-дорожной сети городов происходит 67 % всего количества дорожно-транспортных происшествий. Из них три четверти — на перекрестках. При этом в городах перекрестки со светофорным регулированием становятся местами концентрации ДДП более чем в 80 % случаев.

Введение светофорного регулирования разделяет транспортные потоки во времени и обеспечивает уменьшение количества конфликтных точек на 70–80 % [1, 2]. Однако количественные показатели аварийности при этом уменьшаются существенно меньше указанных процентов.

По данным статистики дорожно-транспортных происшествий, регулирование дорожного движения с помощью светофоров сокращает количество происшествий примерно на 15 % для примыканий и примерно на 30 % — для перекрестков.

С учетом того, что светофорное регулирование уменьшает количество взаимодействий транспортных потоков на перекрестке за счет их разделения во времени, указанное несоответствующее уменьшение количественных показателей аварийности является результатом возникновения дополнительных ДТП за счет дополнительных взаимодействий транспортных потоков на подходах и на площади перекрестка согласно технологии светофорного регулирования.

Это обуславливает необходимость научной разработки теоретических основ и метода повышения безопасности движения за счет сокращения интенсивности взаимодействия транспортных потоков на регулируемых перекрестках.

Анализ последних исследований и цель работы

Светофорное регулирование перекрестков дорог и улиц должно предусматривать наличие максимально безопасного взаимодействия транспортных потоков в пределах подходов и площади перекрестка. Для обеспечения указанных мероприятий в настоящее время предложено использовать критерии введения светофорного регулирования.

Они показывают соотношение интенсивности движения транспортных потоков на главном и второстепенном направлениях, однако не раскрывают сути их взаимодействия. Таким образом, введение светофорного регулирования не всегда способствует повышению эффективности управления и обеспечению безопасности дорожного движения.

Как известно, наилучшие условия пропуска транспортных потоков на пересечении с точки зрения минимума задержек и максимума безопасности движения создаются разделением их в пространстве, т. е. развязкой на разных уровнях [3]. Однако это дорогой способ. Он связан, как правило, с реконструкцией улично-дорожной сети, сносом зданий, возведением искусственных сооружений, требующих значительных затрат.

Метод очередности пропуска транспортных средств связан с задержками на подходах к пересечению за счет движения транспортных потоков на конфликтных направлениях. Кроме того, применяемые способы расчета режимов светофорного регулирования, особенно построенные на эмпирических исследованиях, при проектировании работы светофорных объектов дают нерациональную продолжительность тактов, что вызывает задержки транспортных средств и уменьшение скорости сообщения.

На безопасность движения на перекрестках со светофорным регулированием транспортных потоков непосредственно влияет продолжительность цикла работы светофорного объекта, которая регулирует интенсивность транспортных потоков чередованием фаз и их повторением в течение времени и суток в целом.

Методы определения длительности циклов светофора основаны только на оценке задержек транспортных средств

при проезде перекрестка или обеспечения полного разъезда очереди транспортных средств, образовавшейся у стоп-линии.

Расчет продолжительности цикла, основанный на оценке задержек транспортных средств, предложили Т. М. Мэтсон и У. С. Смит (цит. по: [2]):

$$T_{\text{ц}} = 3600 \frac{\sum_{k=1}^n K_k}{3600 - \sum_{k=1}^n N_k \cdot D_k} = \frac{34200}{3600 - (N_1 + N_2) \cdot 2,1}, \quad (1)$$

где K_k — дополнительная задержка каждого транспортного средства, который стоял в очереди на запрещающий сигнал, возникшая от приведения очереди в движение, с;

D_k — интервал трогания с места транспортного средства, с;

n — количество фаз в цикле, ед.;

N_1, N_2 — интенсивность движения на пересекающихся направлениях, авт/ч.

С точки зрения безопасности дорожного движения формула (1) не учитывает параметры пешеходного движения на пересечении, что является весьма существенным упрощением в технологии пропуска транспортных потоков. Также формула (1) не учитывает необходимости промежуточных тактов в светофорном регулировании для освобождения площади перекрестка от транспортных средств после конкретной фазы регулирования.

Ф. В. Вебстер предложил учитывать и определять промежуточные такты (цит. по: [2]). Методика их определения предусматривает, что суммарное потерянное время в цикле при движении транспортных средств через пересечение будет равняться

$$L = \sum_{i=1}^n t'_i, \quad (2)$$

где L — суммарное потерянное время в цикле при движении транспортных средств, с;

t'_i — продолжительность i -го промежуточного такта, с;

n — количество промежуточных тактов, ед.

Продолжительность i -го промежуточного такта предлагается рассчитывать по формуле

$$t'_i = \tau_1 + \tau_2 - \tau_3 + 2, \quad (3)$$

где t_1 — время проезда (без снижения скорости) расстояния до стоп-линии, равного тормозному пути, с:

$$\tau_1 = \frac{V_a}{2 \cdot 3,6 \cdot a^0}, \quad (4)$$

где V_a — скорость транспортных средств на подходе к пересечению, км/ч;

a^0 — замедление движения транспортных средств, принимается равным 3 м/с²;

τ_2 — время проезда расстояния от стоп-линии до самой дальней конфликтной точки с добавлением времени движения по длине транспортного средства, с:

$$\tau_2 = \frac{(l_j + l_a) \cdot 3,6}{V_a}, \quad (5)$$

где l_j — расстояние от стоп-линии до самой дальней конфликтной точки, м (определяется на пересечении);

l_a — габаритная длина транспортных средств, принимается равной в среднем 6 м;

τ_3 — время с момента включения зеленого такта в очередной фазе до момента прибытия до дальней конфликтной точки, с:

$$\tau_3 = \sqrt{\frac{2l}{a}}. \quad (6)$$

Здесь же Ф. В. Вебстер рекомендует в расчете продолжительности промежуточного такта для левоповоротного движения принимать скорость равной 25 км/ч.

Назначение промежуточного такта заключается в предоставлении временной возможности освободить площадь пересечения не только тем транспортным средствам, которые находились на нем при желтом сигнале, но и тем, которые в последнюю секунду горения зеленого сигнала пересекали стоп-линию и были не в состоянии вовремя остановиться перед ней.

Однако транспортные средства, водители которых заметили этот сигнал на достаточном расстоянии для остановки перед стоп-линией, должны остановиться и ждать такта, который разрешает движение. Указанные аспекты в рамках обеспечения безопасности движения не учитываются в формулах (2)–(6).

Метод расчета промежуточного такта, предложенный Вебстером, построен на измерениях скоростей движения в зоне пересечения и на подходах к нему, расчетах, составляющих модель параметров, и добавлении к ним двух секунд, что отражает его эмпирическую направленность и в то же время не учитывает сложившейся практики проезда пересечения в вероятностном плане.

На основании сказанного можно сделать вывод, что между продолжительностью цикла и суммарной величиной промежуточных тактов желтых сигналов имеется линейная зависимость, отражающая геометрические параметры пересечения.

Ю. А. Кременец продолжил исследования Ф. В. Вебстера и предложил обновленные зависимости для расчета согласующихся промежуточных тактов, но большинство названных замечаний при этом остались.

С учетом проведенного анализа цель настоящей статьи — разработать методику описания, как изменяется интенсивность взаимодействия транспортных потоков по требованиям светофорного регулирования с изменением площади конфликтных областей на перекрестках дорог и улиц.

Основная часть

Учитывая развитие улично-дорожных сетей городов, можно сказать, что наиболее распространенным вариантом перекрестков является перекресток улиц с двумя полосами движения, по одной в каждом направлении. Доминируют перекрестки с углом пересечения дорог, близким к 90°. Поэтому в качестве основного примера предлагается рассматривать именно такой перекресток дорог.

Требования светофорного регулирования предусматривают остановку транспортных средств на желтый и красный сигналы. Указанное требование без светофорного регулирования практически отсутствовало за исключением случаев, когда у транспортных средств второстепенного направления была необходимость предоставить приоритет проезда транспортным средствам главного направления движения.

Временная остановка транспортного потока предусматривает создание очереди транспортных средств от места нанесения дорожной разметки «стоп-линия» на соответствующей полосе движения. Количество автомашин в очереди можно определить по многим математическим моделям. При этом наблюдаются негативные явления, которые могут стать дополнительной причиной дорожно-транспортных происшествий по указанному маневру, что подтверждается экспериментальными данными [1].

К таким явлениям необходимо отнести уплотнение транспортного потока при формировании очереди транспортных средств и его распространение на некоторое расстояние на подходах к перекрестку.

В связи с этим предлагается ввести понятие «уплотнение транспортного потока на подходах к перекрестку со свето-

формным регулированием», т. е. уменьшение до минимального безопасного значения дистанций между последовательными транспортными средствами при их движении на подходах к перекрестку со светофорным регулированием со снижением скорости движения вплоть до полной остановки [4–6]. Уплотнение транспортного потока выражается прежде всего в значительном сокращении дистанции между транспортными средствами с выполнением маневра служебного торможения [7]. Сокращение дистанции до минимальной, которая соответствует неподвижной очереди, с точки зрения безопасности движения является предпосылкой возникновения дорожно-транспортного происшествия в виде попутного столкновения транспортных средств.

Также в условиях уплотненного движения наблюдаются возникновение и распространение ударных волн по соответствующим рядам движения транспортных потоков на подходах к перекрестку, что дополнительно может способствовать возникновению пробок [6].

Увеличение очереди транспортных средств с уплотнением транспортного потока обуславливает рост площади конфликтных областей взаимодействия транспортных средств за пределами площади перекрестка.

Дополнительно следует отметить, что очередь транспортных средств, образовавшаяся на запрещающий сигнал светофора, при включении разрешающего сигнала выполняет движение в виде колонны через площадь перекрестка по конфликтным точкам в фазах регулирования, которое обеспечивает качественно новый уровень взаимодействия транспортных средств и потоков.

Из-за кратковременного увеличения количества взаимодействий транспортных средств в конкретной фазе регулирования интенсивность движения в конфликтных точках может достигать минимума.

Ввиду указанных особенностей разъезда транспортных средств в конфликтных точках по фазам регулирования предлагается ввести понятие «интенсивность взаимодействия в конфликтной области», т. е. установить количество пар транспортных средств, взаимодействующих при разъезде в конфликтной области в единицу времени в течение конкретной фазы светофорного регулирования [4, 5].

Увеличение интенсивности взаимодействия в конфликтных областях повышает риск возникновения дорожно-транспортного происшествия при проезде через них. Необходимо отметить, что в этих условиях разъезд транспортных средств дополнительно усложняется из-за существенного снижения скорости движения при подъезде к конфликтным областям.

Также в потоке транспортных средств в пределах площади перекрестка и подходов к нему возникает уплотненное движение, что увеличивает опасность возникновения дорожно-транспортного происшествия.

С учетом сказанного синтезируем три группы негативных последствий введения или изменения светофорного регулирования с целью дальнейшего исследования:

1) изменение площади конфликтных областей взаимодействия транспортных средств на перекрестке и подходах к нему по фазам регулирования;

2) дополнительное уплотнение транспортных потоков на подходах к перекрестку с учетом требования полной остановки транспортных средств на запрещающий сигнал при работе светофорного объекта;

3) увеличение интенсивности взаимодействия транспортных средств в конфликтных областях по фазам регулирования.

Для детального анализа увеличения площади конфликтных областей на перекрестке и подходах к нему по фазам регулирования необходимо рассмотреть схемы движения на перекрестке при разных режимах работы светофорного объекта:

- желтого мигания или выключенного светофорного объекта;
- программной работы светофорного объекта по фазам регулирования.

Площадь конфликтных областей по каждой схеме разъезда транспортных средств на перекрестке изменяется в пространстве и времени. Общая тенденция изменения площади конфликтных областей на перекрестке заключается в увеличении указанной площади на подходах к перекрестку при уменьшении площади конфликтной области в пределах перекрестка.

Предлагается ввести характеристику конфликтной области для каждой конфликтной точки в схемах разрешенного движения по фазам регулирования на площади перекрестка со светофорным регулированием в виде площади конфликтной области по следующим зависимостям.

1) Точки разделения транспортного потока направо, налево и прямо с учетом конфликтной области на подходах перекрестка с соответствующими геометрическими предположениями:

$$S_{ii} = L_i \cdot B_{L_i} + l_{p_i} \cdot b_{p_i} + \frac{1}{2} (l_{r_i} \cdot b_{r_i} + l_{n_i} \cdot b_{n_i}), \quad (7)$$

где S_{ii} — площадь конфликтной области группы точек разделения транспортного потока направо, налево и прямо с учетом конфликтной области на подходах к перекрестку, m^2 ;

L_i — расстояние от границы площади проезжей части перекрестка до места начала уплотнения транспортного потока на подходах к перекрестку соответствующего направления, m ;

$l_{p_i}, l_{r_i}, l_{n_i}$ — расстояния движения транспортного средства при выполнении им маневров (соответственно прямо, направо и налево) на площади перекрестка до момента разделения на отдельные коридоры движения, m ; получаемые графическими построениями;

$B_{L_i}, b_{p_i}, b_{r_i}, b_{n_i}$ — динамические габариты транспортного средства при выполнении им маневров (соответственно движение прямо на подходах к перекрестку, направо, налево на площади перекрестка), m ; рассчитываются по методикам [8]:

$$\begin{aligned} B_{L_i} &= 0,054 \cdot \bar{V}_{L_i} + \bar{B}_{L_i} + 0,3; \\ b_{p_i} &= 0,054 \cdot \bar{V}_{p_i} + \bar{B}_{p_i} + 0,3; \\ b_{r_i} &= \sqrt{(R_{r_i} + 0,027 \cdot \bar{V}_{r_i} + 0,5 \cdot \bar{B}_{ar_i} + 0,15)^2 + (\bar{L}_i + \bar{C}_i)^2} - \\ &\quad - R_{r_i} + 0,027 \cdot \bar{V}_{r_i} + 0,5 \cdot \bar{B}_{ar_i} + 0,15; \\ b_{n_i} &= \sqrt{(R_{n_i} + 0,027 \cdot \bar{V}_{n_i} + 0,5 \cdot \bar{B}_{an_i} + 0,15)^2 + (\bar{L}_i + \bar{C}_i)^2} - \\ &\quad - R_{n_i} + 0,027 \cdot \bar{V}_{n_i} + 0,5 \cdot \bar{B}_{an_i} + 0,15, \end{aligned}$$

где $\bar{V}_{L_i}$ — средняя скорость транспортных средств в пределах i -й конфликтной области на подходах к перекрестку, m/c ;

$\bar{B}_{L_i}$ — средняя габаритная ширина транспортных средств в пределах i -й конфликтной области на подходах к перекрестку, m ;

$\bar{V}_{p_i}, \bar{V}_{r_i}, \bar{V}_{n_i}$ — средняя скорость транспортных средств в пределах i -й конфликтной области на площади перекрестка при движении соответственно прямо, направо и налево, m/c ;

$\bar{B}_{ap_i}, \bar{B}_{ar_i}, \bar{B}_{an_i}$ — средняя габаритная ширина транспортных средств в пределах i -й конфликтной области на площади перекрестка, движущихся соответственно прямо, направо и налево, m ;

R_{r_i}, R_{n_i} — радиусы траекторий выполнения маневров движения соответственно направо и налево, m .

2) Точки разделения транспортного потока направо и прямо с учетом конфликтной области на подходах к перекрестку с соответствующими геометрическими предположениями:

$$S_{2i} = L_i \cdot B_{L_i} + l_{p_i} \cdot b_{p_i} + \frac{1}{2} \cdot l_{r_i} \cdot b_{r_i}, \quad (8)$$

где S_{2i} — площадь конфликтной области группы точек разделения транспортного потока направо и прямо с учетом конфликтной области на подходах к перекрестку, м².

3) Точки слияния транспортных потоков при поворотах направо и налево с соответствующими геометрическими предположениями:

$$S_{3i} = \left(\frac{b_{r_i} + b_{n_i}}{2} \right)^2 + \frac{1}{2} (l_{r_i} \cdot b_{r_i} + l_{n_i} \cdot b_{n_i}), \quad (9)$$

где S_{3i} — площадь конфликтной области точек слияния транспортных потоков при поворотах направо и налево, м².

4) Точки пересечения транспортных потоков, движущихся направо, налево и прямо на площади перекрестка с соответствующими геометрическими предположениями:

$$S_{4i} = \frac{b_{p,r,n_i} \cdot b_{n,p,r_i}}{\cos(\pm \alpha \text{ м}90)}, \quad (10)$$

где S_{4i} — площадь конфликтной области точки пересечения транспортных потоков, движущихся направо, налево и прямо на площади перекрестка, м²; α — угол пересечения траекторий движения транспортных потоков, град.; верхние знаки принимаются в случае пересечения под углом больше 90°, нижние — меньше 90°.

5) Области уплотнения транспортных потоков, движущихся отдельно для выполнения индивидуального маневра — движения направо, налево и прямо на площади перекрестка с соответствующими геометрическими предположениями:

$$S_{5i} = L_i \cdot B_{L_i}, \quad (11)$$

где S_{5i} — площадь области уплотнения транспортных потоков, движущихся отдельно для выполнения индивидуального маневра — движения направо, налево и прямо на площади перекрестка, м².

С учетом указанных особенностей формирования конфликтных областей в формуле, оценивающей изменение площади конфликтных областей, необходимо ввести поправочный ко-

эффициент, который учитывал бы время существования схемы разрешенного движения по фазам регулирования [9].

В соответствии с предложенным подходом получим следующую формулу расчета скорректированного значения площади конфликтных областей по времени их существования в течение работы светофорного объекта:

$$(S_{1...5i})_j = \Delta t_j \cdot \left(\sum S_{1...5i} \right)_j, \quad (12)$$

где Δt_j — доля времени существования схемы разрешенного движения в соответствующей фазе регулирования во время работы светофорного объекта в течение суток, ед.;

j — номер схемы разрешенного движения, в которой рассчитывается площадь конфликтных областей в пределах указанной схемы развязки по фазам регулирования.

В режиме жесткого программного регулирования на площади пересечения формируется несколько схем разрешенного движения, которые поочередно меняются. Количество схем разрешенного движения соответствует количеству фаз регулирования, которое заложено в работу светофорного объекта.

Тогда с учетом значения (12) для режима работы светофорного объекта с жестким программным регулированием скорректированное значение площади конфликтных областей по времени их существования в течение работы светофорного объекта будет рассчитываться по зависимости

$$S_r = \sum_{j=1}^{\phi} \left[\Delta t_j \cdot \left(\sum S_{1...5i} \right)_j \right], \quad (13)$$

где S_r — скорректированное значение площади конфликтных областей по времени их существования в течение работы светофорного объекта в режиме жесткого программного регулирования, м²;

ϕ — количество фаз регулирования светофорного объекта, ед.;

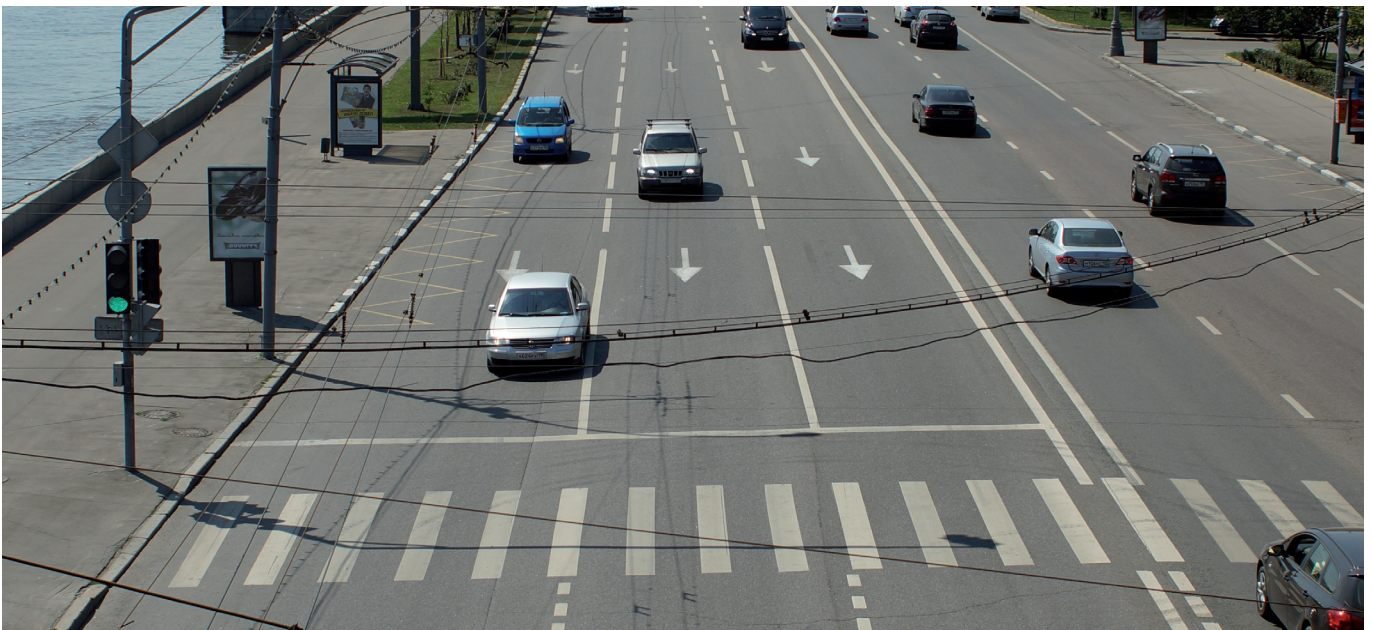
Δt_j — доля суммарного времени существования j -й фазы регулирования при работе светофорного объекта в течение суток, ед.:

$$\sum_{j=1}^{\phi} \Delta t_j = 1. \quad (14)$$

Значение (13) необходимо скорректировать до уровня учета доли времени работы светофорного объекта в режиме жесткого программного регулирования в течение суток:

$$S_{pr} = \Delta t_{pr} \cdot \sum_{j=1}^{\phi} \left[\Delta t_j \cdot \left(\sum S_{1...5i} \right)_j \right], \quad (15)$$

где Δt_{pr} — доля времени работы светофорного объекта в режиме жесткого программного регулирования в течение суток, ед.:



$$\Delta t_{pr} = \frac{t_{pr}}{24}, \quad (16)$$

где t_{pr} — время работы светофорного объекта в режиме жесткого программного регулирования в течение суток, ч.

В отсутствие светофорного регулирования (при желтом мигании или выключенном светофоре) на территории пересечения формируется одна схема разрешенного движения, предусмотренная в действующей схеме организации дорожного движения, которая определяется разметкой, дорожными знаками и направляющими устройствами.

С учетом значения (16) для работы светофорного объекта в режиме желтого мигания (или выключенного светофорного объекта) скорректированное значение площади конфликтных областей по времени существования указанного режима в течение суток будет рассчитываться по зависимости

$$S_g = \Delta t_g \cdot \sum S_{1...5i}, \quad (17)$$

где S_g — скорректированное значение площади конфликтных областей по времени их существования в течение режима желтого мигания (или выключенного светофорного объекта), м²;

Δt_g — доля времени работы светофорного объекта в режиме желтого мигания (или выключенного светофорного объекта) в течение суток, ед.:

$$\Delta t_g = \frac{t_g}{24}, \quad (18),$$

$$\Delta t_{pr} + \Delta t_g = 1,$$

где t_g — время работы светофорного объекта в режиме желтого мигания (или выключенного светофорного объекта) в течение суток, ч.

Формулы (7)–(18) позволяют рассчитать общее скорректированное значение площади конфликтных областей по времени их существования в течение суток по режимам работы светофорного объекта в виде пространственно-временной характеристики площади конфликтных областей перекрестка со светофорным регулированием:

$$\left\{ \begin{aligned} \bar{S} &= S_{pr} + S_g = \Delta t_{pr} \cdot \sum_{j=1}^{\Phi} \left[\Delta t_j \cdot \left(\sum S_{1...5i} \right)_j \right] + \Delta t_g \cdot \sum S_{1...5i}, \\ \sum_{j=1}^{\Phi} \Delta t_j &= 1, \\ \Delta t_{pr} + \Delta t_g &= 1, \\ S_{1i} &= L_i \cdot B_{L_i} + l_{pi} \cdot b_{pi} + \frac{1}{2} (l_{ri} \cdot b_{ri} + l_{ni} \cdot b_{ni}), \\ S_{2i} &= L_i \cdot B_{L_i} + l_{pi} \cdot b_{pi} + \frac{1}{2} \cdot l_{ri} \cdot b_{ri}, \\ S_{3i} &= \left(\frac{b_{ri} + b_{ni}}{2} \right)^2 + \frac{1}{2} (l_{ri} \cdot b_{ri} + l_{ni} \cdot b_{ni}), \\ S_{4i} &= \frac{b_{p,r,ni} \cdot b_{n,p,ri}}{\cos(\pm \alpha \text{ m}90)}, \\ S_{5i} &= L_i \cdot B_{L_i}. \end{aligned} \right. \quad (19)$$

Согласно зависимостям (19), необходимо оценивать изменение интенсивности взаимодействия транспортных потоков в пределах подходов и площади перекрестка прямо пропорционально изменениям пространственно-временной характеристики площади конфликтных областей перекрестка со светофорным регулированием, а интенсивность взаимодействий транспортных потоков, как было выяснено в работах [10–12], — прямо пропорционально количественным характеристикам аварийности, что раскрывает безопасность движения.

Выводы

Таким образом, анализ изменения площади территории конфликтных взаимодействий транспортных средств на подходах к перекрестку и к конфликтным областям по интенсивности взаимодействия транспортных потоков в фазах светофорного регулирования показал, что конфликтные области изменяются в течение суток.

Предложено ввести пространственно-временную характеристику конфликтной площади перекрестка со светофорным регулированием на одном уровне, которая учитывает непосредственно площадь конфликтных областей и соответствующие доли времени их существования в течение суток путем разделения времени на два периода работы светофорного объекта: с нахождением его в режиме желтого мигания (или выключенного) и по времени отдельных фаз регулирования.

В дальнейшем необходимо разработать соответствующий критерий оценки и повышения безопасности дорожного движения за счет сокращения интенсивности взаимодействия транспортных потоков при светофорном регулировании. ■

Источники

1. Справочник по безопасности дорожного движения, обзор мероприятий по безопасности дорожного движения / под ред. В. В. Сильянова. Осло; Москва; Хельсинки, 2001. 576 с.
2. Зеркалов Д. В., Левковец П. Р., Мельниченко А. И., Дмитриев А. Н. Безопасность движения автомобильного транспорта: Справочник. М.: Основа, 2002. 360 с.
3. Кременец Ю. А., Печерский М. П., Афанасьев М. Б. Технические средства организации дорожного движения. М.: Академкнига, 2005. 255 с.
4. Меженков А. В. Додаткові ущільнення транспортних потоків на підходах до регульованого перехрестя // Восточно-европейский журнал передовых технологий. 2014. № 3/3 (69). С. 11–17.
5. Меженков А. В. Разработка алгоритма повышения безопасности движения снижением интенсивности взаимодействия транспортных потоков на перекрестках со светофорным регулированием // Прогрессивные технологии в транспортных системах: Евразийское сотрудничество: сб. материалов XV междунар. науч.-практ. конф., Оренбург, 9–11 декабря 2020. Оренбург: ОГУ, 2020. С. 410–417.
6. Клиновштейн Г. И. Коноплянко В. И. Организация дорожного движения. М.: МАДИ, 1977. 60 с.
7. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. М.: Транспорт, 1972. 424 с.
8. Иларионов В. А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий. М.: Транспорт, 1989. 255 с.
9. Меженков А. В. Геометрический критерий оценки безопасности движения на городских регулируемых перекрестках, основанный на характеристиках взаимодействия транспортных потоков // Вести Автомобильно-дорожного института. 2017. № 1 (20). С. 37–45.
10. Афанасьев Л. Л., Дьяков А. Б., Иларионов В. А. Конструктивная безопасность автомобиля. М.: Машиностроение, 1983. 212 с.
11. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов. М.: Транспорт, 1990. 240 с.
12. Меженков А. В. Экспериментальная проверка критерия оценки безопасности движения на регулируемых перекрестках по характеристикам взаимодействия на них транспортных потоков // Вести Автомобильно-дорожного института. 2016. № 2 (19). С. 3–15.

Закономерности использования парковочного пространства



Ю. А. Щукин,
аспирант кафедры
«Автомобили и техно-
логические машины»
Пермского национального
исследовательского поли-
технического университе-
та (ПНИПУ)



М. Г. Бояршинов,
д-р техн. наук, профессор
кафедры «Автомобили
и технологические маши-
ны» ПНИПУ



Д. В. Артеменко,
начальник
МКУ «Пермская дирекция
дорожного движения»

Парковка автомобилей — одна из основных проблем для транспортного планирования и организации дорожного движения, являющаяся препятствием для сквозного движения и эффективного использования городских ресурсов.

Оценка эффективности эксплуатации парковочного пространства требует изучения закономерностей оборота автомобилей на территории парковки, длительности их стоянки, распределения интенсивности приезда и отъезда с рассматриваемой территории с учетом стоимости, временных ограничений и множества других параметров¹. Сбор и обработка этой информации необходима для формирования обоснованной парковочной политики городской администрации, реализация которой требует значительных затрат и имеет ключевое значение для решения проблем как парковки автомобильного транспорта, так и транспортной системы в целом [1].

Исследованиям организации парковочного пространства в крупных городах уделяется большое внимание в современных публикациях. В работе [2] приведено математическое описание средней продолжительности стоянки автомобилей в местах расположения центров массового тяготения, учитывающее долю работников и потребителей услуг такого центра, имеющих потребность в местах для размещения личных автомобилей, дефицит парковочных мест с учетом РНФ-фактора², наполняемость индивидуальных транспортных средств и проч. Указывается на целесообразность приведения нормативов СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений»³ в соответствие с реальными потребностями в количестве парковочных мест.

¹ Городские парковки. Интеллектуальная парковочная система. URL: <https://gorparkovki.ru> (дата обращения 05.03.2023).

² РНФ, peak hour factor (англ.) — коэффициент часа пик; характеризует наиболее значимый отрезок времени пиковой интенсивности транспортного потока.

³ Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 30.12.2016 г. № 1034/пр «Об утверждении СП 42.13330 «СНиП 2.07.01–89» Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». М.: М-во строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ, 2016. 101 с. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/165/sp-42.pdf> (дата обращения 24.08.2023).

Авторы [3] предлагают модель, использующую вейвлет-преобразование, а также учитывающую временную и пространственную корреляции между территориями для прогнозирования доступности на городских парковках. Предлагаемая модель использует в качестве входных данных доступность парковочных мест, метеорологические данные, учитывает будние и выходные дни.

В [4] для анализа обеспеченности торговыми площадями населения Москвы оценено пространственное распределение площадей по территории города, проанализированы нормативные требования к транспортному обслуживанию объектов торговли, в том числе обеспеченность машиноместами на парковках. В качестве ключевого показателя при проектировании торгового объекта предлагается использовать распределение пассажиропотока по видам транспорта.

Принципы формирования городской парковочной политики⁴, классификация по типам и назначению парковок, алгоритм определения количества парковочных мест в системе улично-дорожной сети на основе решения оптимизационной задачи распределения транспортного спроса определены в [5].

В [6] рассматривается влияние способа организации парковки на поведение владельцев автомобилей. Отмечается, что введение платной парковки для снижения спроса со стороны пользователей — случайных посетителей — положительно влияет на использование парковочных мест резидентами, занимающими парковочные места на льготной основе либо за фиксированную цену.

Целью [7] является изучение влияния системы бронирования уличной парковки, предоставляющей водителям инфор-

⁴ Решение Пермской городской думы от 26.04.2022 г. № 79 «Об утверждении методики расчета размера платы за пользование платными парковками общего пользования местного значения города Перми». URL: <https://docs.cntd.ru/document/406029070> (дата обращения 24.08.2023).

мацию о свободных парковочных местах и уменьшающую негативные внешние эффекты с использованием пространственного агентного имитационного моделирования.

Результатом автомобилизации является высокая интенсивность транспортного потока и нехватка парковочных мест в центральной части города (например, в г. Белгороде) [8]. Активное формирование парковочного пространства для увеличения пропускной способности дорог, грамотная организации движения приведет к увеличению скорости потока транспорта, сокращению задержек и улучшению экологической обстановки.

В [9, 10] рассматривается алгоритм планирования платных городских парковочных мест как последовательность действий по изучению количественных и качественных показателей использования парковочного пространства, а также составления концептуальных предложений по его организации. Особое внимание уделяется сбору данных о параметрах улично-дорожной сети и информации о параметрах парковочного пространства для формирования обоснованных предло-

жений по созданию зон платной парковки. Авторы [11] рекомендуют уделять больше внимания показателям доступности, времени ходьбы, платы за парковку, информационным системам, управлению на всех этапах планирования и формулирования политики.

В [12] рассмотрены технология и методика обследования спроса на парковочные места и оценка оборота машиномест. Приведены данные оборачиваемости машиномест до ввода платных парковок и после, представлены результаты натурных исследований на различных участках улично-дорожной сети г. Калуги.

Целью исследования [13] явилось выявление суточной генерации передвижений, а также характеристик функционирования объектов тяготения, отражающих способ передвижения, наполнение автомобилей, пиковую активность прибытия посетителей, число припаркованных автотранспортных средств на примере супермаркетов города Иркутска. Установлено, что супермаркеты генерируют наиболее значительные транспортные и пешеходные потоки по сравнению с аптеками, специализированными ма-

газинами, офисами, объектами сервиса и обладают стабильно высоким спросом благодаря доступности и широчайшему ассортименту товаров и услуг. Исследование показало, что наибольшее влияние на число корреспонденций оказывают удаленность от центральной магистрали, центра города, а также наличие парковочных мест; основной пик активности прибытия посетителей лежит в интервале от 15:00 до 20:00; после 20:00 число посетителей резко падает.

На территории г. Перми органы муниципальной власти прогнозируют эффективность работы плоскостной парковки вблизи типичного торгового центра на основе статистических показателей работы парковочного пространства, накопленных с 2016 г. Необходимо отметить, что для обоснования организации платной муниципальной парковки используются критерии, которые не учитываются фактические данные об уровне спроса на рассматриваемое парковочное пространство.

При прогнозировании долей длительности парковок принимаются во внимание значения, представленные в табл. 1. Продолжительность размещения транспортного средства на платной парковке (парковочная сессия) определяется временем, прошедшим с момента внесения платежа за размещение транспортного средства до момента окончания оплаченного периода¹.

Использование таких данных не позволяет корректно обосновать парковочную политику на рассматриваемых объектах, что в свою очередь может повлечь неэффективное функционирование городской парковочной системы.

Закономерности размещения транспортных средств на территории парковки

Для оценки обоснованности показателей (табл. 1), принятых для оценки эффективности работы плоскостных парковок, выполнено исследование с использованием данных автоматизированной цифровой системы учета движения транспортных средств в зоне парковки. В качестве объекта для изучения закономерностей использования парковочного пространства рассматривается платная парковка вблизи крупного

¹ Постановление Администрации г. Перми от 31.08.2022 г. № 732 «Об утверждении Правил пользования парковками общего пользования местного значения города Перми». URL: <https://www.gorodperm.ru/docs/offDocs/2022/08> (дата обращения 24.08.2023).

Таблица 1. Прогнозная оценка показателей работы плоскостной парковки возле торгового центра в 2024 г.

Показатель	Время работы парковки	
	9:00–19:00	19:00–9:00
Средняя заполняемость парковки, %	85	60
Доля длительных* парковок, %	60	90
Доля коротких** парковок, %	40	10
Среднее количество оплачиваемых часов на одном парковочном месте	6	3
Начисляемая дневная оплата одного парковочного места, руб.	194	90
Планируемое годовое количество дней работы парковки	339	

Примечания. * Длительная парковочная сессия — более 40 минут. ** Короткая парковочная сессия — менее 40 минут.

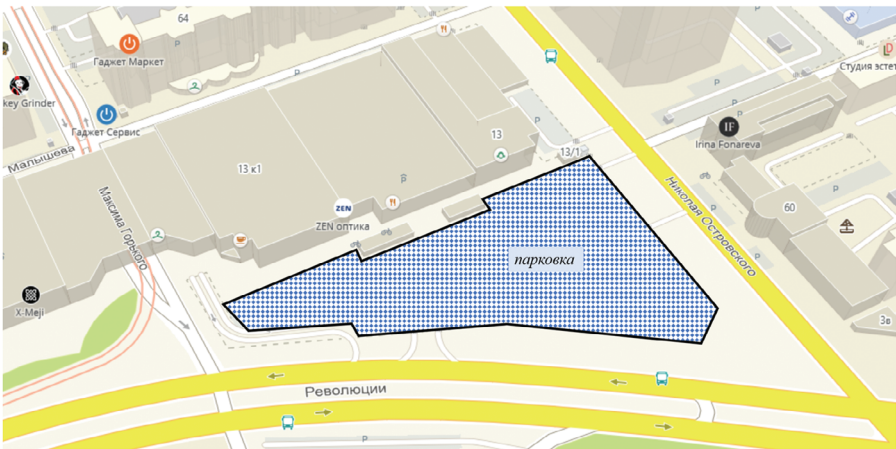


Рис. 1. Плоскостная платная парковка (заштриховано) вблизи торгового центра (разработано авторами с использованием ресурсов 2GIS). ООО «ДубльГИС». URL: <https://2gis.ru/perm> (дата обращения 06.06.2023)

торгового центра (рис. 1). Исследование функционирования плоскостной парковки возле торгового центра проводилось 19, 20 и 21 декабря 2022 года.

Обработка цифровых данных позволяет детально изучать закономерности интенсивности заезда и выезда автомобилей на парковку, заполняемости парковочного пространства, продолжительности стоянки отдельных автомобилей, вычислять детерминированные показатели вероятностных распределений и получать другую информацию. Методика обработки цифровых данных описана в работах [14, 15] на примере анализа временных рядов, получаемых от программно-технических комплексов фото- и видеофиксации нарушений правил дорожного движения, установленных в улично-дорожной сети г. Перми.

На рис. 2 представлена суточная зависимость интенсивности заезда автомобилей на парковку при интервалах осреднения $\Delta = 5$ мин. (рис. 2а), $\Delta = 20$ мин. (рис. 2б) и $\Delta = 60$ мин. (рис. 2в)

$$N(t) = n(t)/\Delta, \quad (1)$$

где $n(t)$ — количество автомобилей, зафиксированных на пункте въезда на парковку в интервале времени.

Из рис. 2 видно, что увеличение интервала осреднения Δ приводит к снижению

объема доступной информации, сглаживанию функции интенсивности, снижению и смещению ее пикового значения: при $\Delta = 5$ мин. наибольшая интенсивность заезда автомобилей составляет $N = 360$ авт/ч в момент времени 16:08; при $\Delta = 20$ мин. пик интенсивности $N = 189$ авт/ч достигается в 14:00; при $\Delta = 60$ мин/экстремальное значение $N = 155$ авт/ч зафиксировано в 14:30.

На рис. 3 показана суточная зависимость интенсивности N (авт/ч) выезда автомобилей с территории парковки за те же сутки при интервалах осреднения $\Delta = 5$ мин. (рис. 3а), $\Delta = 20$ мин. (рис. 3б) и $\Delta = 60$ мин. (рис. 3в), вычисленные согласно выражению (1). Как и на рис. 2, увеличение интервала осреднения Δ приводит к уменьшению объема информации, сглаживанию функции интенсивности, снижению и смещению ее пикового значения: при $\Delta = 5$ мин. наибольшая интенсивность выезда автомобилей составляет $N = 216$ авт/ч в 13:50; при $\Delta = 20$ мин. пик интенсивности $N = 174$ авт/ч достигается в 20:10; при $\Delta = 60$ мин. экстремальное значение $N = 151$ авт/ч зафиксировано в 14:30.

На рис. 4 приведена зависимость количества S автомобилей на парковке (заполняемость) в зависимости от времени заезда 19 декабря (рис. 4а), 20 дека-

бря (рис. 4б) и 21 декабря (рис. 4в) 2022 г. Как правило, парковочное пространство активно заполняется в каждый из дней наблюдения с 8:30 до 16:00.

Наибольшая заполненность парковочной стоянки составляет 127 парковочных мест (19 декабря в 16:05), 134 места (20 декабря в 14:40) и 142 места (21 декабря в 13:55). Заполняемость парковочного пространства неравномерная, в течение всего времени наблюдались как пиковые значения, так и провалы.

Для количественного описания заполняемости парковочного пространства представляет интерес аппроксимация полученных зависимостей количества автомобилей S на парковке от времени t полиномами второй степени с использованием метода наименьших квадратов. Полином принимает вид:

- для данных за 19 декабря (рис. 4а; коэффициент детерминации $R = 0,671$)
 $S(t) = -214,01 + 0,6436t - 0,0003t^2$;
- 20 декабря (рис. 4б; $R = 0,711$)
 $S(t) = -218,17 + 0,7008t - 0,0004t^2$;
- 21 декабря (рис. 4в; $R = 0,709$)
 $S(t) = -251,75 + 0,8103t - 0,0004t^2$.

На рис. 5 приведено распределение по времени суток продолжительности стоянки автомобилей в зависимости от времени их заезда на парковку.

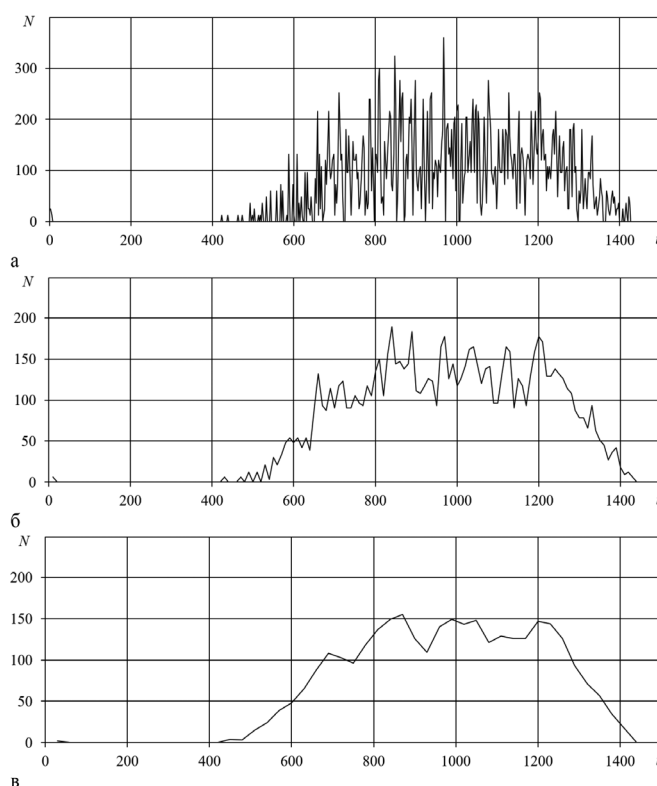


Рис. 2. Зависимость интенсивности N (авт/ч) заезда автомобилей на парковку от времени заезда (мин.) при интервалах осреднения $\Delta = 5$ мин. (а), $\Delta = 20$ мин. (б) и $\Delta = 60$ мин. (в). Дата наблюдения 19 декабря 2022 г.

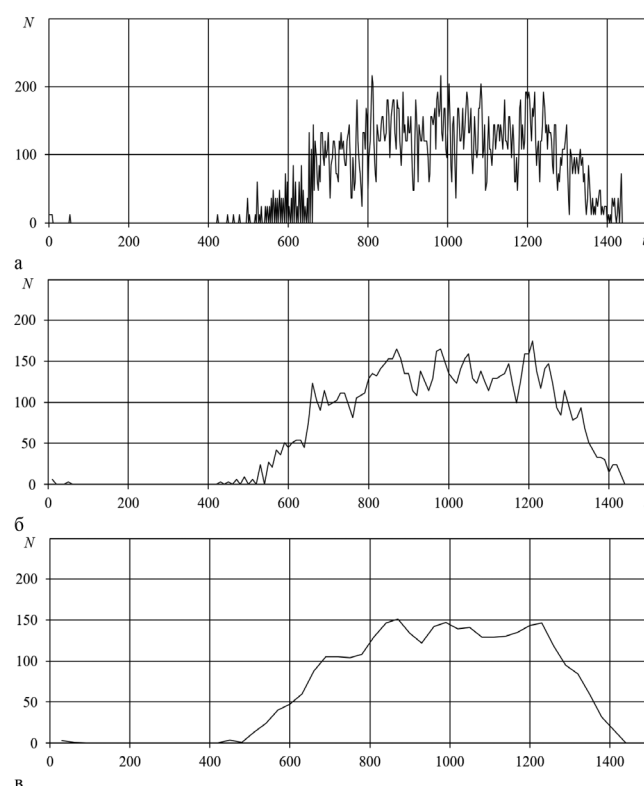


Рис. 3. Зависимость интенсивности N (авт/ч) выезда автомобилей с парковки от времени заезда (мин.) при интервалах осреднения $\Delta = 5$ мин. (а), $\Delta = 20$ мин. (б) и $\Delta = 60$ мин. (в). Дата наблюдения 19 декабря 2022 г.

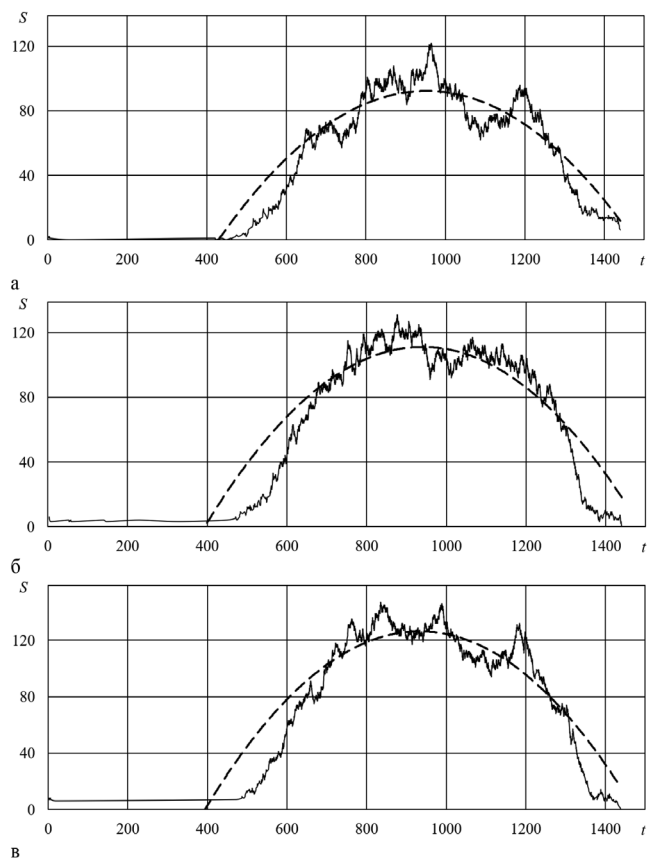


Рис. 4. Зависимость количества S автомобилей на парковке (заполненность) в зависимости от времени t (мин) заезда; данные натурных наблюдений (—) и аппроксимирующие кривые (---); периоды наблюдения 19 (а), 20 (б) и 21 (в) декабря 2022 г.

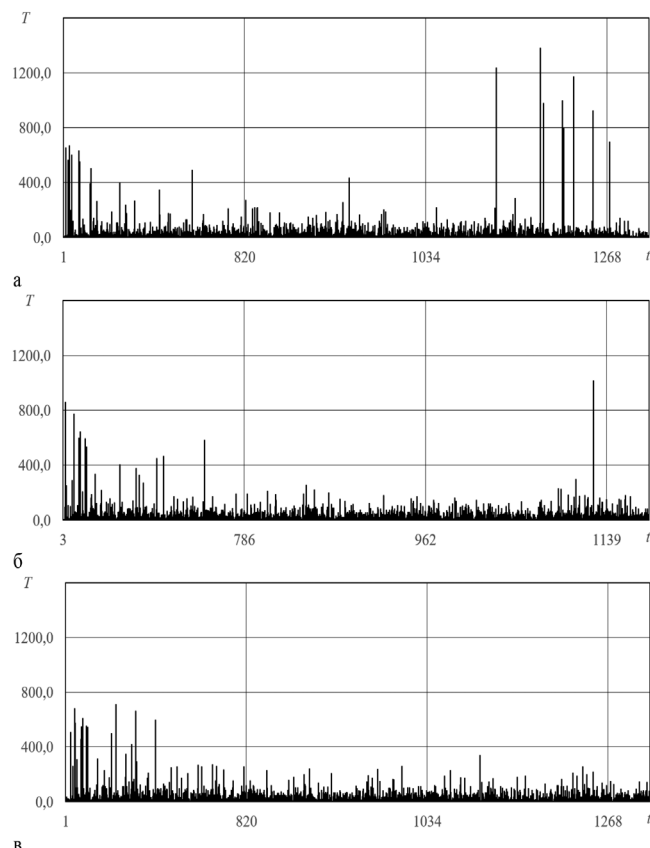


Рис. 5. Продолжительности T (мин) стоянки в зависимости от времени t (мин) заезда автомобилей на парковку; периоды наблюдения 19 (а), 20 (б) и 21 (в) декабря 2022 г.

$$T_i(t_i^{in})=t_i^{out}-t_i^{in}, \tag{2}$$

где t_i^{out} — время выезда i -го автомобиля с парковки.

В табл. 2 приведены результаты обработки данных, представленных на рис. 5: распределение количества автомобилей по продолжительности стоянки на рассматриваемой парковке в течение суток 19, 20 и 21 декабря 2022 г. Парковочное пространство, работающее круглосуточно, используется владельцами автомобилей для длительного (10 и более часов) хранения транспорта: 19 декабря для стоянки на 13, 15, 19, 20 и 23 часа оставлены по 1 автомобилю; на 11 и 16 часов — по 2 автомобиля; на 10 часов — 3 автомобиля.

20 декабря в течение 10, 16 и 17 часов на стоянке находились по 1 автомобилю; в течение 12 и 14 часов — по 2 автомобиля. 21 декабря для стоянки на 11 часов были размещены 3 автомобиля. Для продолжительного хранения автомобили размещаются, как правило, в период с 19:30 до 07:00.

В табл. 3 приведены статистические показатели случайного распределения

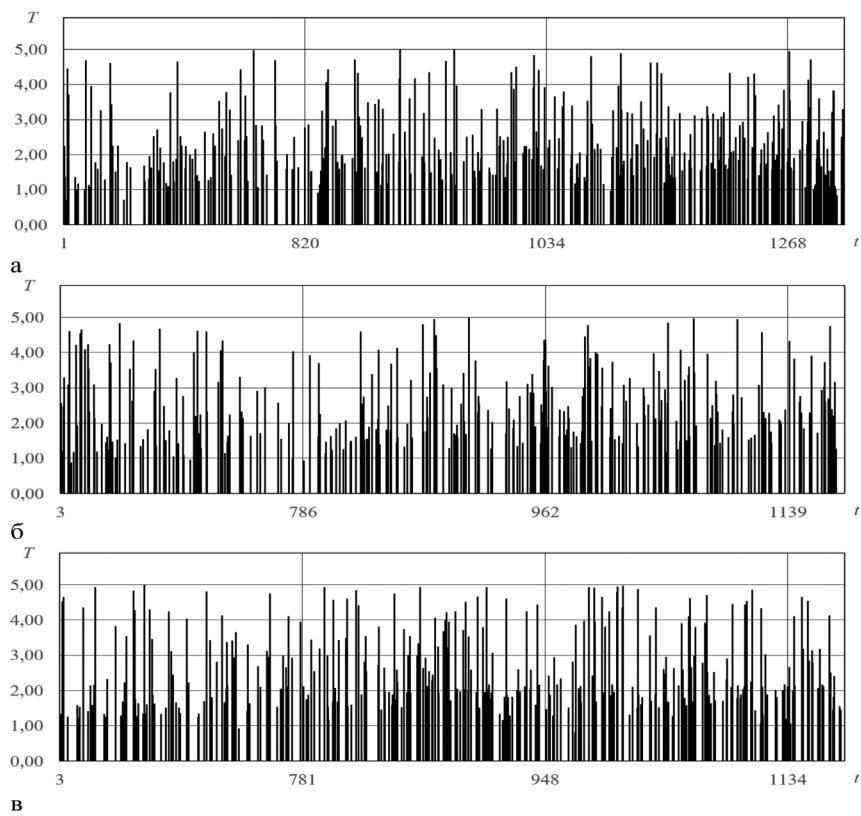


Рис. 6. Появление в течение суток автомобилей с продолжительностью T размещения на парковке не более 5-минут; даты наблюдения 19 (а), 20 (б) и 21 (в) декабря 2022 года

Таблица 2. Распределение количества m автомобилей по продолжительности T стоянки в течение суток 19, 20 и 21 декабря 2022 года

Продолжительность T стоянки	Даты наблюдения		
	19 декабря	20 декабря	21 декабря
До 60 мин	1303	1583	1612
От 1 часа до 2 часов	241	283	307
От 2 часов до 3 часов	33	54	43
От 3 часов до 4 часов	14	15	17
От 4 часов до 5 часов	6	5	12
От 5 часов до 6 часов	1	2	4
От 6 часов до 7 часов	2	2	1
От 7 часов до 8 часов	1	2	1
От 8 часов до 9 часов	2	1	2
От 9 часов до 10 часов	2	3	5
От 10 часов до 11 часов	3	1	1
От 11 часов до 12 часов	2	0	3
От 12 часов до 13 часов	0	2	0
От 13 часов до 14 часов	1	0	0
От 14 часов до 15 часов	0	2	0
От 15 часов до 16 часов	1	0	0
От 16 часов до 17 часов	2	1	0
От 17 часов до 18 часов	0	1	0
От 18 часов до 19 часов	0	0	0
От 19 часов до 20 часов	1	0	0
От 20 часов до 21 часов	1	0	0
От 21 часа до 22 часов	0	0	0
От 22 часов до 23 часов	0	0	0
От 23 часов до 24 часов	1	0	0
Более 24 часов	0	0	0

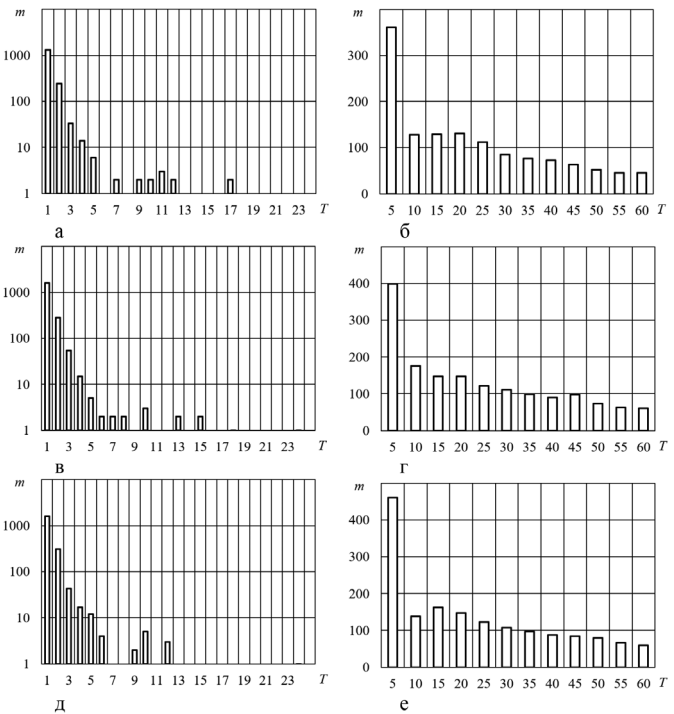


Рис. 7. Количество m автомобилей в зависимости от продолжительности T их размещения на парковке: слева – продолжительности кратны 1 часу (логарифмические координаты), справа – продолжительности кратны 5 минутам; периоды наблюдения 19 (а, б), 20 (в, г) и 21 (д, е) декабря 2022 года

длительности стоянки автомобилей за все периоды наблюдения: средние значения, моды, медианы, среднеквадратичные отклонения, показатели коэффициентов вариаций, асимметрий и эксцессов.

Анализ показал, что подавляющее количество автомобилей проводит на рассматриваемой парковке менее 60 минут: 80,6 % 19 декабря, 80,9 % 20 декабря и 80,3 % 21 декабря 2022 г.

Установлено, что около одной трети всех транспортных средств задерживаются на парковке менее 5 минут: 27,7 % 19 декабря, 25,1 % 20 декабря, 28,6 % 21 декабря 2022 г. Можно предположить, что посещение торгового центра не является целью автоводителей.

На рис. 6 представлена зависимость продолжительности размещения автомобилей, не превышающая 5 мин., от времени t их появления на рассматриваемом парковочном пространстве для всех суток наблюдения (выделены из данных, приведенных на рис. 5). Кратковременные заезды на территорию парковки распределены практически равномерно по времени суток. Детализированные данные по распределению количества автомобилей, размещенных на парковочном пространстве на время менее 1 ч, с шагом 5 мин. приведены в табл. 4.

Данные, представленные в табл. 2 и 4, позволили достоверно оценить долю автомобилей, находящихся на парковке длительно и кратковременно, и их соответствие нормативным значениям, указанным в табл. 1.

В течение всего периода наблюдения 19, 20 и 21 декабря 2022 г. на рассматриваемой парковке всего было размещено 5582 автомобиля. Из них 3707, или 66,4 %, находились на территории парковки кратковременно, т. е. менее 40 минут; 1875 автомобилей, или 33,6 %, были размещены длительно время, т. е. более 40 минут.

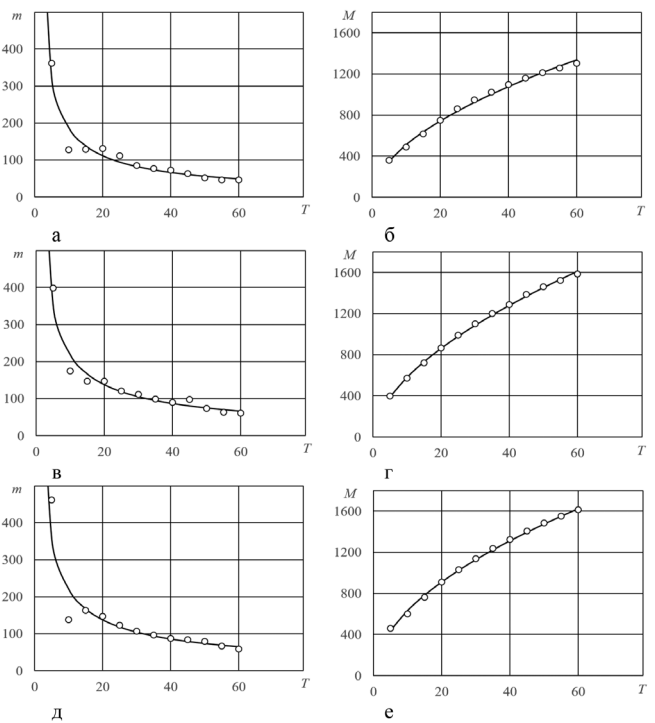


Рис. 8. Аппроксимации степенными функциями вида αT^{β} (линия) количества автомобилей (о) в зависимости от продолжительности T их размещения; слева – значения $m(T)$ по 5-минутным интервалам, справа – значения $M(T)$ нарастающим итогом; периоды наблюдения 19 (а, б), 20 (в, г) и 21 (д, е) декабря 2022 г.

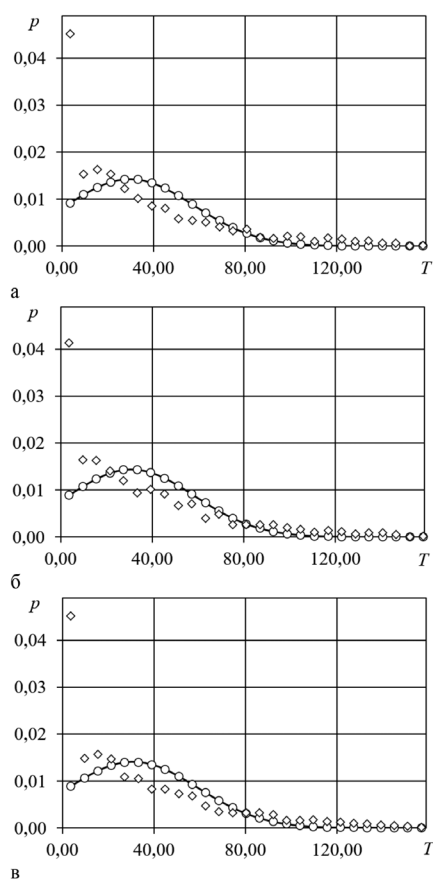


Рис. 9. Эмпирические (♦) и теоретические (гауссовские, (о)) распределения плотности *p* вероятности продолжительностей *T* (мин) стоянки автомобилей на парковке; периоды наблюдения 19 (а), 20 (б) и 21 (в) декабря 2022 г.

За тот же период наблюдения с 9:00 до 19:00 (дневное время) на парковке находилось 4133 автомобиля. Из них 2644, или 63,9 %, были размещены на территории парковки кратковременно, т. е. менее 40 минут; 1489 транспортных средств, или 36,1 %, находились там более 40 минут.

За то же время наблюдения с 19:00 до 9:00 (ночное время) на парковке были размещены 1449 автомобиля. Из них 1063, или 73,4 %, оставались на территории парковки менее 40 минут; 386, или 26,6 %, находились на парковочной территории длительное время, т. е. более 40 минут.

Приведенные данные свидетельствуют о необходимости корректировки нормативных значений, используемых для прогнозной оценки показателей работы плоскостной парковки (табл. 1).

Рис. 7 демонстрирует гистограммы распределения автомобилей по продолжительности стоянки на рассматриваемой парковке по 1-часовым интервалам (рис. 7а, в, д), представленный для удобства в логарифмических координатах, а также по 5-минутным интервалам (рис. 7б, з, е)

Таблица 3. Статистические показатели длительностей *T* (мин) стоянки автомобилей

Статистические показатели	Даты наблюдения		
	19.12.2022	20.12.2022	21.12.2022
Среднее значение, мин	29,93	30,85	30,89
Мода, мин	3,66	3,69	3,74
Медиана, мин	951,15	959,80	954,63
Среднеквадратичное отклонение, мин	27,92	27,75	28,35
Коэффициент вариации, %	93,27	89,94	91,79
Асимметрия	1,16	1,08	1,07
Экссесс	0,62	0,46	0,34

Таблица 4. Распределение количества *m* автомобилей по продолжительности *T* стоянки не более 60 минут

Продолжительность стоянки <i>T</i>	Даты наблюдения		
	19 декабря	20 декабря	21 декабря
до 5 мин	361	398	461
от 5 мин до 10 мин	128	175	138
от 10 мин до 15 мин	129	147	163
от 15 мин до 20 мин	131	147	147
от 20 мин до 25 мин	112	121	123
от 25 мин до 30 мин	85	111	107
от 30 мин до 35 мин	77	99	97
от 35 мин до 40 мин	73	90	87
от 40 мин до 45 мин	63	98	84
от 45 мин до 50 мин	52	74	79
от 50 мин до 55 мин	46	63	67
от 55 мин до 60 мин	46	61	59
Среднее время стоянки, мин	19,9	21,2	20,6

за 19, 20 и 21 декабря 2022 г. Приведенные гистограммы подтверждают anomalно высокие значения количества автомобилей, находящихся на парковочном пространстве не более 1 часа (рис. 7а, в, д) и стремительное снижение числа автомобилей с ростом продолжительности парковки.

Аналогичная ситуация имеет место для кратковременной стоянки продолжительностью до 60 минут (рис. 7б, з, е) с резким снижением числа припаркованных автомобилей на более длительное время.

Обработка данных наблюдения позволила установить существование зависимости между распределением количества *m(tk)* автомобилей по 5-минутным интервалам и количеством *M(tk)* тех же автомобилей нарастающим итогом (интегральное значение):

$$M(tk) = M(tk-1) + m(tk-1) \tag{3}$$

с продолжительностью *tk* нахождения автомобилей на территории парковки. Результаты натурных измерений количества *m(tk)* и *M(tk)* автомобилей на парковке

в зависимости от продолжительности *tk* стоянки в течение суток 19, 20 и 21 декабря 2022 г., а также аппроксимирующие кривые с использованием степенных зависимостей вида αT^β приведены на рис. 8.

Полиномы, аппроксимирующие зависимости *m(T)*, принимают вид:

- для данных за 19 декабря (рис. 8а; коэффициент детерминации $R = 0,923$)
 $m(T)=1042,1T^{-0,747};$
- 20 декабря (рис. 8в; $R = 0,945$)
 $m(T)=1000,3T^{-0,662};$
- 21 декабря (рис. 8д; $R = 0,882$)
 $m(T)=1054,1T^{-0,681}.$

Полиномы, аппроксимирующие зависимости *M(T)*, представляются в виде:

- для данных за 19 декабря (рис. 8б; коэффициент детерминации $R = 0,996$)
 $M(T)=148,6T^{0,537};$
- 20 декабря (рис. 8г; $R = 0,998$)
 $M(T)=157,6T^{0,568}$
- 21 декабря (рис. 8е; $R = 0,998$)
 $M(T)=188,5T^{0,526}$

Значения коэффициентов детерминации, близкие к 1,0 практически для всех построенных степенных кривых, свидетельствуют о хорошем соответствии аппроксимирующих функций данным натурных наблюдений.

На рис. 9 показаны эмпирические распределения плотностей вероятности длительности стоянки автомобилей на парковке в течение суток 19, 20 и 21 декабря 2022 г., а также кривые, соответствующие нормальному (гауссову) закону распределения плотностей вероятностей с параметрами, приведенными в табл. 3.

Видимые отличия эмпирических распределений плотностей вероятности длительности стоянки автомобилей от классических кривых нормального распределения за все периоды наблюдения не позволяют считать экспериментальные распределения вероятностей соответствующими нормальному (гауссовскому) закону.

Проверка с использованием критерия χ^2 Пирсона количественно подтверждает несостоятельность гипотезы о нормальном распределении вероятностей длительности стоянки автомобилей.

Выводы

Анализ временных рядов, получаемых с использованием системы автоматизированного учета движения автомобилей на парковке торгового центра, позволил выявить закономерности использования парковочного пространства: зависимости от времени интенсивности заезда и выезда автомобилей на парковку, заполняемости парковочного пространства, распределения длительности хранения автомобилей, основные детерминированные статистические показатели продолжительности стоянки автомобилей.

Установлено, что значительное количество автопользователей используют стоянку менее 5 минут, что требует дополнительного изучения вопроса о причинах и целях посещения ими парковочного пространства. Отмечается необходимость корректировки нормативных показателей работы плоскостных парковок на территории г. Перми.

Изучение особенностей использования парковочного пространства представляется перспективным с точки зрения разработки методических основ и научного обоснования построения математических (имитационных) моделей функционирования парковочных площадок на территории города на основе выявления значимых зависимостей между расположением центров притяжения

(торговых и развлекательных центров, учреждений здравоохранения, образования и культуры, промышленных предприятий и организаций, спальных районов и проч.), количеством парковочных мест, степенью заполняемости парковок, временем суток, днями недели (выходные, рабочие и праздничные дни), месяцами, сезонами года и другими факторами.

Такое исследование позволит разработать средства прогнозирования и перспективного планирования размещения и использования плоскостных и линейных (придорожных) парковок, предложить городской администрации надежный инструмент обоснованного принятия управленческих решений по зонированию парковочного пространства и определению ценовой политики.

Источники

1. Najmi A., Bostanara M., Gu Z., Rashedi T. H. On-street parking management and pricing policies: An evaluation from a system enhancement perspective // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2021. Vol. 146. P. 128–151. DOI: doi.org/10.1016/j.tra.2021.02.009.
2. Зедгенизов А. В., Базан А. В. Методика оценки потребного числа мест для парковки возле центров массового тяготения на урбанизированных территориях // *Вестник СибАДИ*. 2020. № 1 (71). С. 72–83. DOI: https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-1-72-83.
3. Gao L., Fan W., Hu Z., Jian W. Prediction of Vacant Parking Spaces in Multiple Parking Lots: A DWT-ConvGRU-BRC Model // *Appl. Sci*. 2023. Vol. 13 (6); 3791. DOI: https://doi.org/10.3390/app13063791.
4. Елистратов Д. А. Обоснование транспортно-планировочных условий размещения объектов торгового обслуживания // *Транспортное планирование и моделирование. Цифровое будущее управления транспортом: сб. тр. III Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 24–25 мая 2018. М.: МАДИ, 2018. С. 49–56.*
5. Якимов М. Р. Транспортное планирование. Концепция парковочной политики в городах. М.: Университетская книга, 2019. 96 с.
6. Albalade D., Gragera A. The impact of curbside parking regulations on car ownership // *Reg. Sci. Urban Econ*. 2020. Vol. 81. 103518. DOI: https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2020.103518.
7. Tasserone G., Martens R. Urban parking space reservation through bottom-up information provision: An agent-based

analysis // *Computers, Environment and Urban Systems*. 2017. Vol. 64. P. 30–41. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.01.002.

8. Kushchenko L., Kushchenko S., Novikov I., Novikov A. The paid parking space organization as one of the ways to increase the capacity of the road in Belgorod urban agglomeration // *Transp. Res. Proc*. 2022. Vol. 63. P. 868–877. DOI: https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.084.
9. Egorov K., Krivospichenko S., Yadav V., Parygin D., Finogeev A. Research methodology for quantitative and qualitative parameters of parking space use // *Procedia Comput. Sci*. 2021. Vol. 193. P. 62–71. DOI: https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.10.007.
10. Farley A., Ham H., Hendra. Real Time IP Camera Parking Occupancy Detection using Deep // *Procedia Comput. Sci*. 2021. Vol. 179. P. 606–614. DOI: 10.1016/j.procs.2021.01.046.
11. Parmar J., Das P., Dave S. M. Study on demand and characteristics of parking system in urban areas: A review // *J. Traffic and Transp. Eng*. 2020. Vol. 7. Iss. 1. P. 111–124. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jtte.2019.09.003.
12. Боровской А. Е., Ходырева Е. И., Буряченко Н. А. Методика проведения натурных исследований парковочного пространства // *Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф., Орел, 17–18 мая 2016. Орел: ОГУ им. И. С. Тургенева, 2016. С. 403–410.*
13. Казимиров А. О., Бурков Д. Г. Прогнозирование интенсивности транспортных и пешеходных потоков к центрам массового тяготения на примере супермаркетов г. Иркутска // *Вестник ИРГУ*. 2018. Т. 22. № 2. С. 209–216. DOI: http://dx.doi.org/10.21285/1814-3520-2018-2-209-216.
14. Бояршинов М. Г., Вавилин А. С., Шумков А. Г. Использование комплекса фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения для выделения детерминированной и стохастической составляющих интенсивности транспортного потока // *Интеллект. Инновации. Инвестиции*. 2021. № 3. С. 61–71. DOI: 10.25198/2077-7175-2021-3-61.
15. Бояршинов М. Г., Вавилин А. С., Шумков А. Г. Фурье-анализ интенсивности транспортного потока // *Интеллект. Инновации. Инвестиции*. 2021. № 4. С. 46–59. DOI: 10.25198/2077-7175-2021-4-46.

Способы и устройства крепления съемных кузовов вагонов



А. И. Алексеев,
преподаватель Петроза-
водского филиала Петер-
бургского государствен-
ного университета путей
сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),
аспирант кафедры «Ваго-
ны и вагонное хозяйство»
ПГУПС

В России железнодорожный подвижной состав со съемным (сменным) кузовом находится в стадии опытно-конструкторских работ и до конечного продукта доведен только научно-производственной корпорацией «Объединенная вагонная компания» на основе базовой 6-осной платформы сочлененного типа модели 10-630, которая сама по себе может использоваться для перевозки контейнеров или съемных кузовов.

Разработанная холдингом линейка спецвагонов со сменными кузовами представлена вагонами для зерна, минеральных удобрений, угля и других насыпных грузов, а также лесоматериалов (рис. 1) [1].

Использование сменных кузовов с универсальной экипажной частью помогает существенно снизить инвестиции на организацию перевозки разнотипных грузов и в целом сократить парк специализированных вагонов в инфраструктуре. К тому же возможность применения съемного кузова за счет уменьшения операционных расходов на закупку подвижного состава и его ремонт делает собственника более конкурентоспособным на рынке перевозок.

Помимо перечисленных преимуществ есть плюсы и в эксплуатации. Сменные кузова при оборудовании их типовыми верхними угловыми фитингами можно установить на вагон и снять с него с помощью стандартного подъемного оборудования. При хранении они легко штабелируются, т. е. не требуют значительных площадей и дополнительных железнодорожных путей, что также влияет на простоту порожнего вагона.

Согласно выводам круглого стола «О развитии железнодорожного машиностроения в РФ», прошедшего 27 января 2021 г. в Совете Федерации, в ближайшие

10–15 лет, учитывая мировые тренды торговли и транзитных перевозок, а также внутреннее развитие рынка, железнодорожный транспорт будет двигаться именно по этому направлению развития подвижного состава [2].

Одной из главных проблем, обсуждаемых на мероприятиях, посвященных разработке съемных кузовов, является их крепление на подвижном составе, обеспечивающее безопасность движения поездов.

На отечественных железнодорожных платформах крепление контейнера как прообраза съемных кузовов, как правило, обеспечивается взаимодействием угловых фитингов по ГОСТ Р 20527-82 [3] и упоров без непосредственной фиксации контейнера на вагоне (рис. 2, 3).

Существующие конструкции такого крепления имеют унифицированную конструкцию, которая на протяжении многих лет не совершенствовалась и соответствует действующим нормам [4].

Исследование причин опрокидывания порожних контейнеров при движении в составе поезда показало, что допустимые продольные нагрузки при эксплуатации и проведении железнодорожных операций не должны превышать 300 кН, также необходимо обеспечивать устойчивость контейнера от опрокидывания при скоростях ветра до 40 м/с включительно [5].



Рис. 1. Платформа сочлененного типа модели 10-630-01 со съемным кузовом для перевозки минеральных удобрений



Рис. 2. Угловой фитинг по ГОСТ Р 20527-82



Рис. 3. Фитинговый упор: а) одинарный; б) двойной





Рис. 4. Элементы крепления съемных кузовов на железнодорожной платформе компании Innofreight: а) фитинговый упор; б) ограничивающее устройство stop block

«Порядок организации безопасного пропуска грузовых поездов, в составе которых имеются порожние контейнеры, при прогнозировании опасного явления погоды по маршруту их следования» запрещает перевозку платформ с порожними контейнерами, если скорость ветра в перпендикулярном направлении по отношению к оси пути превышает 20 м/с [6].

В Европе железнодорожные перевозки с применением съемных кузовов используются широко, применяются комбинации различных способов крепления и конструктивных решений.

Съемные кузова на железнодорожных платформах австрийской вагоностроительной компании Innofreight, поставляемых под торговой маркой InnoWaggon, крепятся так же, как и в отечественном подвижном составе, — с помощью фитинговых упоров и угловых фитингов (рис. 4а) [7]. Для недопущения продольного перемещения съемного кузова на платформе предусмотрено ограничивающее устройство stop block, которое воспринимает продольные нагрузки при эксплуатации (рис. 4б).

Другие производители применяют крепежные устройства, представляющие собой конструкции, содержащие подвижные элементы, фиксирующие контейнеры вручную, автоматически и полуавтоматически. Пример наиболее распространенного ручного удерживающего устройства — «Твистлок» (ласточкин

хвост) с поворотной ручкой (рис. 5). Принцип работы данных устройств заключается в том, что поворотный механизм вращается под воздействием рукоятки вручную или в процессе установки под тяжестью контейнера, а затем, когда он полностью расположен на угловых опорах, защелкивается в запорное положение, обеспечивая фиксацию контейнера на платформе.

Контейнеры швейцарской компании RailMotion крепятся с помощью установки на вагон-платформе дополнительной рамы и запирающих устройств, ограничивающих продольные перемещения (рис. 6) [8, 9]. Рама представляет собой балочную конструкцию, состоящую из двух основных продольных балок, которые поворачиваются при погрузочно-разгрузочных работах, а в транспортном положении ограничивают вертикальные и поперечные перемещения кузова.

Известны попытки усовершенствования отечественного вида крепления контейнера на платформе. Так, устройство, разработанное АО «ВНИКТИ» (рис. 7), имеет следующий принцип действия.

Контейнер насаживается фитингом на фитинговый упор, закрепленный на поверхности рамы платформы, при этом стопор устройства находится в горизонтальном нерабочем положении. Для крепления контейнера к раме платформы работник оттягивает стопор на себя, тем самым сжимая пружину, насаженную

на стопор, поворачивает его на 90° (из горизонтального нерабочего в вертикальное рабочее положение), совмещает с отверстием в боковой стенке фитинга, вводя его во внутреннюю полость фитинга, затем отпускает, фиксируя фитинг, а следовательно, и контейнер.

Для снятия контейнера с платформы в каждом фитинге стопор выводят из полости, отжимая его от рамы платформы и преодолевая сопротивление пружины, насаженной на длинном конце стопора и поворачивают, переводя из рабочего вертикального положения в нерабочее горизонтальное, в котором стопор будет прижат к раме платформы под действием возвратного усилия со стороны пружины [10].

Еще один вариант крепления контейнеров разработан АО «НВЦ „Вагоны“» (рис. 8) — с помощью торсионного вала с рычагами.

Механизм работает следующим образом. Перевозимый контейнер устанавливают на вагон-платформу так, что его нижняя балка входит в соприкосновение с рычагами на валу устройства крепления, и при опускании контейнера на опорные поверхности упоров платформы рычаги поворачиваются и принимают горизонтальное положение, находясь под нижней балкой контейнера. При этом поворотные затворы заходят в отверстия фитингов, запирая их [11].

При снятии контейнера с вагона-платформы путем его перемещения в вертикальном направлении с помощью подъемного оборудования после одновременного освобождения всех рычагов устройства поворотные затворы свободно выходят из зацепления под действием упругих элементов, расположенных на валу, которые обеспечивают вращение и приведение механизма затвора в исходное положение.

Таким образом, подводя итог обзору креплений съемных кузовов и контейнеров, следует отметить, что в зарубежной

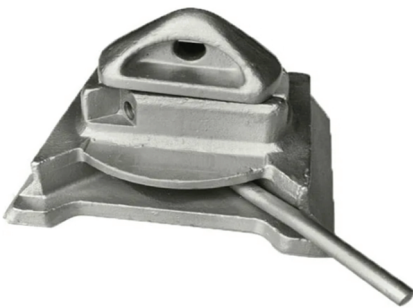


Рис. 5. Удерживающее устройство «Твистлок» с поворотной ручкой модели BD-G1



Рис. 6. Дополнительная рама для установки контейнера и запирающее устройство компании RailMotion: а) удерживающая рама; б) устройство, запирающее раму



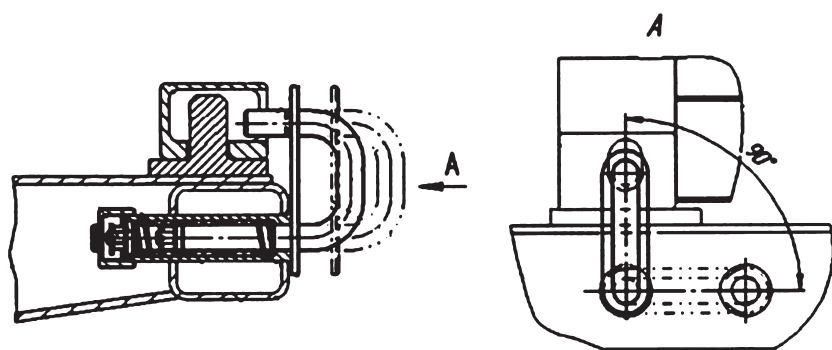


Рис. 7. Устройство для крепления контейнера к раме платформы разработки АО «ВНИКТИ»

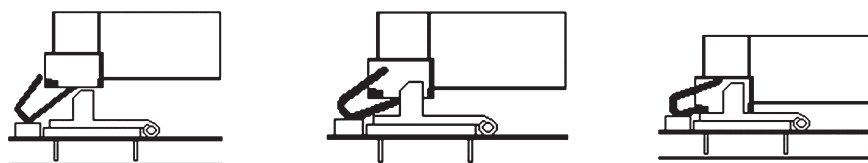


Рис. 8. Устройство для крепления контейнера к раме платформы АО «НВЦ „Вагоны“»

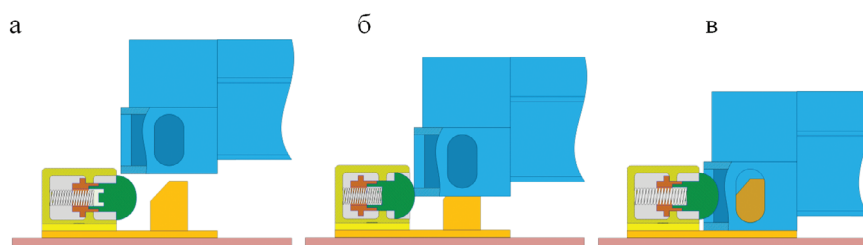


Рис. 9. Устройство для крепления контейнера к раме вагона-платформы

практике применяются устройства, отличающиеся от отечественных упоров.

Недостатками креплений, представляющих собой автоматические и полуавтоматические замки, являются сложность конструкции, большая металлоемкость, необходимость в применении ручного труда при фиксации контейнера.

Кроме того, из-за незащищенности от воздействия внешней среды применение данных устройств вызывает сомнения в пригодности для территории РФ из-за ее климатических условий, и попадание в подвижные части крепежного механизма атмосферных осадков при низких температурах может с высокой вероятностью привести к их заклиниванию.

С учетом выводов в рамках данного вопроса был разработан вариант устройства, не требующего ручного труда при креплении контейнеров на вагон-платформе (рис. 9 [12]). Перевозимый контейнер устанавливают на вагон-платформу так, что нижний фитинг входит в соприкосновение со стопором в корпусе устройства и передает нагрузку своей массы, посредством которой он уходит в корпус.

При дальнейшем опускании на опорные поверхности упоров платформы стопор, достигая пересечения с продольной осью фитинга, совмещается с его отверстием. Лишаясь нагрузки от массы контейнера под воздействием возвратной пружины, стопор заходит в отверстие фитинга и запирает его и сам контейнер на платформе.

При снятии контейнера с вагона-платформы путем его перемещения в вертикальном направлении с помощью подъемного оборудования фитинги свободно выходят из зацепления и приводят механизм устройства в исходное положение. ■

Источники

1. Тесленко В. Вагоны со сменными кузовами // Коммерсантъ. 17.02.2021. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4693870> (дата обращения 22.09.2023).
2. Кобзев С. [Цитата] // Время ОВК. 2021. № 1 (16). С. 11. URL: http://xn--b1aaiviml6j.online/media/documents/1_16_%D0%B0%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8C_2021_%D0%92%D1%80%D0%B5%D0%BC%D1%8F_%D0%9E%D0%92%D0%9A.pdf (дата обращения 12.09.2023).

3. ГОСТ Р 20527–82. Фитинги угловые крупнотоннажных контейнеров. Конструкция и размеры. Введ.1983-01-01. М.: Изд-во стандартов, 2004. 10 с.
4. Нормы расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. 319 с.
5. Боландова Ю. К. Методы оценки устойчивости от опрокидывания контейнеров при перевозке на специализированных железнодорожных платформах: дис. ... канд. техн. наук. М., 2021. 153 с.
6. Распоряжение ОАО «РЖД» от 19.10.2016 г. № 2115р «Об утверждении Порядка организации безопасного пропуска грузовых поездов, в составе которых имеются порожние контейнеры, при прогнозировании опасного явления погоды по маршруту их следования». URL: <https://base.garant.ru/71563806/?ysclid=lkmdawvbg504257941#friends> (дата обращения 11.09.2023).
7. Даукша А. С., Бороненко Ю. П. Выбор конструктивных решений устройств крепления контейнеров и съемных кузовов на железнодорожных платформах // Транспорт РФ. 2017. № 2 (69). С. 29–33.
8. Operating Concepts InnoWaggon: Specific construction of 2x4-axled flat wagon. URL: https://www.innofreight.com/wp-content/uploads/2018/01/IF_Operational_Concept_InnoWaggon_Sggrs_V2.0_20170913.pdf. 168 р. (дата обращения 29.09.2023).
9. Kentner P., Brundige B., Thorpe J. C., Winfield J., Kratville W. W., O'Connor L. J. The Car and Locomotive Cyclopedia of American Practices / eds. W. W. Kratville, L. J. O'Connor. 6th ed. Hardcover, 1997. 1136 p.
10. Пат. № 2647358 РФ, С1 МПК B60P 7/13(2006.01), B61D3/20(2006.01), B61D45/00(2006.01). Устройство для крепления контейнера к раме платформы: № 2016147943: заявл. 07.12.2016: опубл. 15.03.2018 / Никонов В. А., Мещерин Ю. В., Михайлов Г. И., Михалин Н. В., Чепурнова О. В., Трепачева Т. В.; заявитель АО «ВНИКТИ». 7 с.
11. Пат. № 2681474 РФ, С2 МПК B60P 7/13(2006.01), B61D3/20(2006.01). Способ автоматического крепления съемных кузовов к раме платформы и устройство для его осуществления: № 2016150959: заявл. 23.12.2016: опубл. 26.06.2018 / Бороненко Ю. П., Цыганская Л. В., Бейн Д. Г., Даукша А. С. (РФ); заявитель: АО «НВЦ «Вагоны»». 11 с.
12. Заявка на патент на устройство для крепления контейнера к раме вагона-платформы (автоматическое) № 2023121421 от 15.08.2023г.

Ольга В. Трофимцева, аспирант Сибирского государственного университета водного транспорта (СГУВТ),

Виктор М. Бунеев, докт. экон. наук, профессор кафедры «Управление работой флота» СГУВТ.

Анализ перспективных схем доставки нефтехимической продукции из Сибирского и Уральского федеральных округов на экспорт // Транспорт РФ. — 2023. — № 3–4 (106–107). — С. 4–9.

Изложена проблематика, исходные обстоятельства и процесс исследования возможности запуска перспективных схем доставки нефтехимической продукции компаний ООО «Запсибнефтехим» и ООО «Томскнефтехим» на экспорт в КНР, определены возможные варианты доставки в том числе с участием речного транспорта и Северного морского пути. В качестве метода исследования изучены технические возможности и проведен SWOT-анализ. Решение обусловлено, с одной стороны, загруженностью железных дорог восточного полигона, а с другой — мультипликативным эффектом за счет переключения грузопотоков на речной транспорт и возможностью дальнейшего развития грузовой базы СМП. В качестве дальнейшего исследования определены наиболее оптимальные варианты маршрутов.

Ключевые слова: схема доставки, экспорт, нефтехимическая продукция, ВЭД, контейнеризация, речной транспорт, СМП, Томск, Тобольск, КНР.

Контактная информация: oly.tro@ya.ru

Юрий П. Бороненко, д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, генеральный директор АО «НВЦ „Вагоны“»,

Сергей В. Дмитриев, заместитель генерального директора ООО «Мир прогрессивных технологий»,

Андрей Б. Юдин, канд. мед. наук, начальник центра Государственного научно-исследовательского испытательного института военной медицины (ГНИИИ ВМ) МО РФ,

Олег Г. Пригорелов, канд. техн. наук, начальник управления ГНИИИ ВМ МО РФ,

Станислав А. Лопатин, д-р мед. наук, старший научный сотрудник ГНИИИ ВМ МО РФ.

Совершенствование вагонов санитарных поездов для обеспечения эвакуации раненых // Транспорт РФ. — 2023. — № 3–4 (106–107). — С. 10–14.

Обосновываются предложения по устранению недостатков медицинской эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях в части, касающейся совершенствования их погрузки в вагоны и выгрузки, а также защиты от механического (вибрационного и ударного) воздействия при перевозке. Анализируется влияние вибраций на медицинский персонал, выполняющий профессиональные манипуляции на ходу поезда. Для улучшения погрузки пострадавших предлагается оснастить вагоны раздвижными дверьми и гидравлическими подъемниками. Для минимизации механических нагрузок на раненых в военно-санитарном поезде предлагается применять конструктивные меры, связанные как с увеличением конструктивной жесткости кузова вагона, так и с активным управлением демпфированием в ресурсном подвешивании тележек. Для обеспечения возможности проведения медицинских манипуляций предлагается

оснастить вагоны виброизолированной капсулой с активным подвешиванием.

Ключевые слова: медицинская эвакуация, раненые, санитарный поезд, эвакуопоезд, защита вагона от вибраций.

Контактная информация: boron49@yandex.ru

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

Антон Д. Мачерет, студент Финансового университета при Правительстве Российской Федерации.

Стратегическая сегментация рынка грузовых железнодорожных перевозок // Транспорт РФ. — 2023. — № 3–4 (106–107). — С. 15–19.

Рассмотрены проблемы позиционирования железнодорожного транспорта на рынке грузовых перевозок. На основе категорирования грузов, перевозимых железнодорожным транспортом, по уровню доходности и долгосрочной перспективности и анализа структуры погрузки в разрезе соответствующих сегментов выявлено, что наибольший удельный вес имеют низкодходные неперспективные грузы. При этом также обнаружена тенденция к росту доли высокоперспективных грузов, в том числе высокодходных. С учетом того, что доля этих грузов, несмотря на ее увеличение, пока еще относительно невелика, сделан вывод о необходимости последовательных целенаправленных усилий по развитию данного сегмента рынка. В качестве основы для разработки маркетинговых мероприятий, направленных на обеспечение долгосрочной конкурентоспособности и эффективной деятельности железнодорожных компаний на рынке грузовых перевозок, разработана матрица стратегического управления маркетинговой деятельностью в сфере грузовых железнодорожных перевозок.

Ключевые слова: грузовые железнодорожные перевозки, сегментация рынка, управление маркетинговой деятельностью, доходность грузовых перевозок, перспективность грузовых перевозок.

Контактная информация: macheretda@rambler.ru

Николай И. Григоренко, канд. техн. наук, главный специалист, эксперт АО «Научно-исследовательский институт автоматической аппаратуры имени академика В. С. Семенихина»,

Владимир А. Гутников, канд. техн. наук, заместитель генерального директора ФГБУ «Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации»

Система распознавания объектов беспилотных автомобилей в условиях бездорожья // Транспорт РФ. — 2023. — № 3–4 (106–107). — С. 20–27.

Описывается применение беспилотных наземных транспортных средств (БНТС) в условиях эксплуатации бездорожья и густой растительности. Проанализированы полученные данные в естественных условиях от различных датчиков, которые подтвердили корректность функционирования системы технического зрения БНТС. Основная цель заключалась в определении ограничений системы восприятия в условиях бездорожья. Проведен поиск технического решения по распознаванию объектов посредством подбора различных типов датчиков. Оценена возможность практического применения БНТС.

Ключевые слова: беспилотные наземные транспортные средства (БНТС), радар, лидар, математическая модель, датчик, архитектура коммутируемой сети, массив данных.

Контактная информация: lomonosov25@rambler.ru

Сергей А. Смирнов, руководитель Научно-образовательного центра инновационного развития пассажирских железнодорожных перевозок имени А. А. Зайцева Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (НОЦ ПП ПГУПС),

Ольга Ю. Смирнова, заместитель руководителя НОЦ ПП ПГУПС

Отечественный магнитолевитационный транспорт: потенциал и перспективы развития // Транспорт РФ. — 2023. — № 3–4 (106–107). — С. 28–32.

Рассмотрены виды грузовых и пассажирских перевозок с целью определения потенциала магнитолевитационного транспорта для их освоения в Российской Федерации с учетом текущего уровня разработок. Методология построена на анализе технико-экономических характеристик магнитолевитационного транспорта, социально-экономического и ретроспективного анализа. В результате исследования определены перспективы использования магнитолевитационного транспорта для осуществления различных видов перевозок в России при условии полного импортозамещения. Исследование подтверждает, что магнитолевитационный транспорт имеет большие перспективы использования в рамках единой интегрированной транспортной системы страны и является приемлемым средством освоения территорий РФ и зон недостаточного транспортного обслуживания.

Ключевые слова: магнитолевитационный транспорт, грузовые перевозки, транспортная система, стоимость жизненного цикла, конкуренция на транспорте.

Контактная информация: noc-pgups@yandex.ru

Анна М. Орлова, д-р техн. наук, профессор, генеральный директор ООО «Всесоюзный научно-исследовательский центр транспортных технологий» (ВНИЦТТ), директор дирекции научно-технического развития ПАО «Научно-производственная корпорация „Объединенная вагонная компания“»,

Константин П. Демин, директор научно-исследовательской дирекции ООО «ВНИЦТТ»,

Роман В. Попеску, инженер-исследователь ООО «ВНИЦТТ», аспирант ПГУПС.

Как повысить эффективность полувагона: направления снижения технического коэффициента тары // Транспорт РФ. — 2023. — № 3–4 (106–107). — С. 33–38.

Цель статьи — определить наиболее предпочтительные пути снижения технического коэффициента тары универсальных четырехосных полувагонов. Использованы методы сравнения значений технического коэффициента тары различных моделей универсальных четырехосных полувагонов, проанализированы возможные способы снижения значения технического коэффициента тары. Выполнено конечно-элементное моделирование нагруженности несущей конструкции универсального четырехосного полувагона для оценки схем загрузки, являющихся лимитирующими с точки зрения прочности. Проведен анализ значений технического коэф-

коэффициента тары универсальных четырехосных полувагонов, сертифицированных в 2000–2023 гг. на «пространстве 1520». Рассмотрены такие способы снижения технического коэффициента тары универсальных четырехосных полувагонов, как повышение допустимой осевой нагрузки, уход от универсальности вагонов, применение новых конструктивных решений и новых конструкционных материалов. Выявлено, что сегодня наиболее предпочтительным путем снижения технического коэффициента тары универсальных четырехосных полувагонов видится применение в несущей конструкции высокопрочных сталей.

Ключевые слова: четырехосный полувагон, универсальный полувагон, технический коэффициент тары, осевая нагрузка, конструкционные материалы, алюминиевые сплавы, высокопрочные стали.

Контактная информация: gpopesku@tt-center.ru

Артём В. Меженков, старший преподаватель кафедры «Транспортные технологии» Автомобильно-дорожного института Донецкого национального технического университета (АДИ ДонНТУ).

Изменение площади конфликтных областей на регулируемом перекрестке // Транспорт РФ. — 2023. — № 3–4 (106–107). — С. 39–43.

Раскрыта научная проблема повышения безопасности движения на регулируемых перекрестках, в рамках которой решается задача повышения безопасности движения на указанных объектах за счет снижения интенсивности взаимодействия транспортных потоков на площади и на подходах к перекрестку. Разработаны теоретические основы, раскрывающие изменения интенсивности взаимодействия транспортных потоков. Даны характеристики конфликтной площади в пределах подходов и на площади перекрестка с учетом режимов работы светофорного объекта с целью дальнейшего уменьшения интенсивности взаимодействия транспортных потоков.

Ключевые слова: регулируемый перекресток, светофорный объект, безопасность движения, транспортный поток, конфликтная область.

Контактная информация: inst@adidonntu.ru

Юрий А. Щукин, аспирант кафедры «Автомобили и технологические машины» Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ),

Михаил Г. Бояршинов, д-р техн. наук, профессор кафедры «Автомобили и технологические машины» ПНИПУ,

Дмитрий В. Артеменко, начальник МКУ «Пермская дирекция дорожного движения».

Закономерности использования парковочного пространства // Транспорт РФ. — 2023. — № 3–4 (106–107). — С. 44–50.

Цель работы — исследовать взаимозависимость количественных характеристик интенсивности оборота автомобилей на парковке, заполняемости парковочного пространства, длительности их хранения, а также ряда детерминированных статистических показателей случайных процессов. Предмет исследования — закономерности функционирования парковки, расположенной на территории крупного торгового центра. Исходные данные получены с помощью программно-аппаратного комплекса учета движения транспортных средств, позволяющего фиксировать время заезда автомобиля в зону парковки и выезда с ее территории. В результате исследования установлены зависимости от времени интенсивностей заезда и выезда автомобилей, степени заполняемости парковочного пространства, длительности хранения автомобилей, а также статистические показатели продолжительности их стоянки. Представляется перспективным в дальнейшем обратиться к разработке методических основ построения модели функционирования парковочных площадок на территории города на основе выявления значимых зависимостей между расположением центров притяжения, количеством парковочных мест, степенью заполняемости парковок и прочими

факторами. Такая модель может служить основой для прогнозирования и перспективного планирования размещения и использования городских парковок, обоснованного принятия решений по зонированию парковочного пространства и определению ценовой политики.

Ключевые слова: парковочное пространство, длительность стоянки, загруженность парковочного пространства.

Контактная информация: mgboyarshinov@pstu.ru

Артём И. Алексеев, преподаватель Петрозаводского филиала Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, аспирант ПГУПС.

Способы и устройства крепления съёмных кузовов вагонов // Транспорт РФ. — 2023. — № 3–4 (106–107). — С. 51–53.

Описано состояние развития подвижного состава со съёмными (сменными) кузовами в отечественном вагоностроении. Одной из главных проблем, обсуждаемых на мероприятиях, посвященных разработке съёмных кузовов, является их крепление на подвижном составе, обеспечивающее безопасность движения поездов. На отечественных железнодорожных платформах крепление контейнера как прообраза съёмного кузова, как правило, осуществляется взаимодействием угловых фитингов по ГОСТ Р 20527-82 и упоров без непосредственной фиксации контейнера на вагоне. Проанализированы известные технические решения разных производителей по фиксации контейнеров на упорах особых форм и с дополнительной фиксацией через отверстие в упоре. Предложено оригинальное техническое решение фиксирующего устройства, выполненное на вагоне-платформе напротив каждого фитингового места установки контейнера.

Ключевые слова: съёмный (сменный) кузов, перевозки контейнеров, фитинговый упор, фиксирующее устройство.

Контактная информация: AlekseevPKGT@yandex.ru

Olga V. Trofimtseva, graduate student of the Siberian State University of Water Transport (SGUVT),

Victor M. Buneev, Dr. econ. Sciences, Professor of the Department of Fleet Operations Management, SGUVT.

Analysis of promising schemes for the delivery of petrochemical products from the Siberian and Ural federal districts for export // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 3–4 (106–107). — P. 4–9.

The problems, initial circumstances and process of studying the possibility of launching promising schemes for the delivery of petrochemical products of the companies Zapsibneftekhim LLC and Tomskneftekhim LLC for export to China are outlined, possible delivery options are identified, including with the participation of river transport and the Northern Sea Route. Technical feasibility study and SWOT analysis were carried out as the research method. The decision is due, on the one hand, to the congestion of the railways of the eastern range, and, on the other hand, a multiplier effect due to the switching of cargo flows to river transport and the availability of the possibility of further development of the NSR cargo base. As a further study, the most optimal route options were determined.

Key words: delivery scheme, export, petrochemical products, foreign trade activities, containerization, river transport, NSR, Tomsk, Tobolsk, China.

Contact information: oly.tro@ya.ru

Yuri P. Boronenko, Dr. Sci. (eng.), Head of the Department of “Wagons and Carriage Management” of the St. Petersburg State Transport University of Emperor Alexander I”, General Director of JSC «NEC “Wagons”»,

Sergey V. Dmitriev, Deputy General Director of LLC “World of Progressive Technologies”,

Andrey B. Yudin, Cand. Sci. (med.), Head of the Center of the State Research Testing Institute of Military Medicine (GNIII VM) of the RF Ministry of Defense,

Oleg G. Prigorelov, Cand. Sci. (eng.), Head of the Department of the State Research Institute of VM of the Ministry of Defense of the Russian Federation,

Stanislav A. Lopatin, Dr. Sci. (med.), senior researcher at the State Scientific Research Institute of VM of the Russian Defense Ministry.

Improving the carriages of ambulance trains to ensure the evacuation of the wounded // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 3–4 (106–107). — P. 10–14.

Proposals for eliminating the shortcomings of the process of medical evacuation of victims in emergency situations are substantiated in terms of improving their loading (unloading) into cars, as well as protection from mechanical (vibration and shock) effects during transportation. The influence of vibrations on medical personnel performing professional

manipulations while the train is moving is analyzed. To improve the loading of victims, it is proposed to equip the cars with sliding doors and hydraulic lifts. To minimize mechanical loads on the wounded on a military hospital train, it is proposed to use design measures related to both increasing the structural rigidity of the car body and actively controlling damping in the spring suspension of the bogies. To ensure the possibility of carrying out medical procedures, it is proposed to equip the cars with a vibration-isolated capsule with active suspension.

Key words: medical evacuation, wounded, ambulance train, evacuation train, protection of the car from vibrations.

Contact information: boron49@yandex.ru

Dmitry A. Macheret, Dr. Sci. (econ.), First Deputy Chairman of the Joint Academic Council of JSC Russian Railways, Professor of the Russian University of Transport (RUT (MIIT)),

Anton D. Macheret, student at the Financial University under the Government of the Russian Federation.

Strategic segmentation of the freight rail transportation market // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 3–4 (106–107). — P. 15–19.

The problems of positioning railway transport in the freight transportation market are considered.

Abstracts

Based on the categorization of cargo transported by rail according to the level of profitability and long-term prospects and analysis of the structure of loading in the context of the relevant segments, it was revealed that low-profit, unpromising cargo has the largest share. At the same time, a tendency towards an increase in the share of highly promising cargo, including highly profitable ones, was also discovered. Taking into account the fact that the share of these cargoes, despite its increase, is still relatively small, it was concluded that consistent, targeted efforts are needed to develop this market segment. As a basis for the development of marketing activities aimed at ensuring the long-term competitiveness and efficient operation of railway companies in the freight transportation market, a matrix for strategic management of marketing activities in the field of rail freight transportation has been developed.

Key words: freight rail transportation, market segmentation, management of marketing activities, profitability of freight transportation, prospects for freight transportation.

Contact information: macheretda@rambler.ru

Nikolay I. Grigorenko, Cand. Sci. (eng.), chief specialist, expert of JSC "Research Institute of Automatic Equipment named after Academician V.S. Semikhin" (JSC "NIIAA"),

Vladimir A. Gutnikov, Cand. Sci. (eng.), Deputy General Director of the Federal State Budgetary Institution "Central Research and Design Institute of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation" (FGBU "TsNIIP Ministry of Construction of Russia").

System for recognizing objects of unmanned vehicles in off-road conditions // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 3–4 (106–107). — P. 20–27.

The use of unmanned ground vehicles (hereinafter referred to as BNTS) in off-road conditions and dense vegetation is described. An analysis of the data obtained in natural conditions from various sensors was carried out, which confirmed the correct functioning of the BNTS technical vision system. The main goal was to determine the limitations of the perception system in off-road conditions. A search for a technical solution for object recognition was carried out by selecting various types of sensors. The possibility of practical application of BNTS was assessed.

Key words: unmanned ground vehicles (UGV), radar, lidar, mathematical model, sensor, switched network architecture, data array.

Contact information: lomonosov25@rambler.ru

Sergei A. Smirnov, Director of A. A. Zaitsev Scientific Education Center of Passenger Railway Transportation Innovative Development of Emperor Alexander I Saint-Petersburg State Transport University (NOC PP PGUPS),

Olga Yu. Smirnova, Deputy Director of NOC PP PGUPS.

Domestic maglev transport: potential and development perspectives // Transport RF. — 2023. — № 3–4 (106–107). — P. 28–32.

The types of freight and passenger transportation are considered in order to determine the potential of maglev transport for their development in the Russian Federation, taking into account the current level of development. The methodology is based on the analysis of the technical and economic characteristics of maglev transport, socio-economic and retrospective analysis. As a result of the study, the prospects of using maglev transport for various types of transportation in Russia are determined, subject to full import substitution. The study confirms that

maglev transport has good prospects for use within the framework of a single integrated transport system of the country and is an acceptable means of developing the territories of the Russian Federation and areas of insufficient transport services.

Key words: maglev transport, cargo transportation, transportation system, lifecycle cost, competition on transport.

Contact information: noc-pgups@yandex.ru

Anna M. Orlova, Dr. Sci. (eng.), Professor, General Director of LLC All-Union Scientific Research Center for Transport Technologies (VNICTT LLC), Director of the Directorate of Scientific and Technical Development of PJSC Research and Production Corporation United Wagon Company,

Konstantin P. Demin, Director of the Research Directorate of VNICTT LLC,

Roman V. Popescu, research engineer at VNICTT LLC, postgraduate student at PSUPS.

How to increase the efficiency of a gondola car: directions for reducing the technical coefficient of packaging // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 3–4 (106–107). — P. 33–38.

The purpose of the article is to determine the most preferable ways to reduce the technical tare coefficient of universal four-axle gondola cars. Methods were used to compare the values of the technical tare coefficient of various models of universal four-axle gondola cars, and an analysis of possible ways to reduce the value of the technical tare coefficient was carried out. Finite element modeling of the loading of the load-bearing structure of a universal four-axle gondola car was carried out in order to evaluate loading patterns that are limiting in terms of strength. As a result, an analysis was made of the values of the technical tare coefficient of universal four-axle gondola cars certified in the period 2000–2023 in the "1520 space". The following methods for reducing the technical coefficient of packaging of universal four-axle gondola cars are considered, such as increasing the permissible axle load, moving away from the universality of cars, and the use of new design solutions and new structural materials. It has been revealed that today the most preferable way to reduce the technical coefficient of packaging of universal four-axle gondola cars is to use high-strength steels in the supporting structure.

Keywords: four-axle gondola car, universal gondola car, technical tare coefficient, axial load, structural materials, aluminum alloys, high-strength steels.

Contact information: rpopesku@tt-center.ru

Artem V. Mezhenkov, senior lecturer at the Department of Transport Technologies at the Automobile and Highway Institute of Donetsk National Technical University (ADI DonNTU).

Change in the area of conflict areas at a controlled intersection // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 3–4 (106–107). — P. 39–43.

The work reveals the scientific problem of increasing traffic safety at signalized intersections, within the framework of which the problem of increasing traffic safety at these objects is solved by reducing the intensity of interaction of traffic flows on the square and on the approaches to the intersection. Theoretical foundations have been developed that reveal changes in the intensity of interaction of traffic flows. The characteristics of the conflict area within the approaches and at the intersection area are given, taking into account the operating modes of the traffic light facility in order to further reduce the intensity of interaction of traffic flows.

Key words: controlled intersection, traffic light

object, traffic safety, traffic flow, conflict area.

Contact information: inst@adidonntu.ru

Yu. A. Shchukin, postgraduate student of the Department of Automobiles and Technological Machines, Perm National Research Polytechnic University (PNIPU),

Mikhail G. Boyarshinov, Dr. Sci. (eng.), Professor of the Department of Automobiles and Technological Machines, PNRPU,

Dmitry V. Artemenko, head of the Perm Road Traffic Directorate.

Patterns of using parking space // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 3–4 (106–107). — P. 44–50.

The purpose of the work is to study the interdependence of quantitative characteristics of the intensity of vehicle turnover in the parking lot, the occupancy of the parking space, the duration of their storage, as well as a number of deterministic statistical indicators of random processes. The subject of the study is the functioning patterns of a parking lot located on the territory of a large shopping center. The initial data was obtained using a hardware and software system for recording vehicle traffic, which allows recording the time of a car's entry into and exit from the parking area. As a result of the study, the time dependence of the intensity of entry and exit of cars, the degree of occupancy of the parking space, the duration of storage of cars, as well as statistical indicators of the duration of their parking were established. It seems promising in the future to turn to the development of methodological foundations for constructing a model for the functioning of parking areas in the city based on identifying significant dependencies between the location of centers of attraction, the number of parking spaces, the degree of occupancy of parking lots and other factors. Such a model can serve as the basis for forecasting and long-term planning of the placement and use of city parking lots, informed decision-making on zoning parking space and determining pricing policies.

Key words: parking space, parking duration, parking space congestion.

Contact information: mgboyarshinov@pstu.ru

Artem I. Alekseev, teacher of the Petrozavodsk branch of the St. Petersburg State Transport University of Emperor Alexander I (PGUPS), postgraduate student of the Department of "Wagons and Carriage Facilities" of PGUPS.

Methods and devices for fastening removable bodies of wagons // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 3–4 (106–107). — P. 51–53.

The state of development of rolling stock with removable (replaceable) bodies in the domestic carriage building is described. One of the main problems discussed at various events dedicated to the development of removable bodies is their mounting on rolling stock, ensuring the safety of train traffic. On domestic railway platforms, the fastening of the container as a prototype of removable bodies is usually carried out by the interaction of corner fittings in accordance with GOST R 20527–82 and stops without direct fixation of the container on the car. An analysis of known technical solutions from different manufacturers for fixing containers on stops of special shapes and with additional fixation through a hole in the stop was carried out. An original technical solution for a fixing device is proposed, made on a flat car opposite each fitting installation location of the container.

Key words: removable (replaceable) body, container transportation, fitting stop, fixing device.

Contact information: AlekseevPKGT@yandex.ru