

ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЖУРНАЛ О НАУКЕ, ЭКОНОМИКЕ, ПРАКТИКЕ

IT-технологии



Безопасность



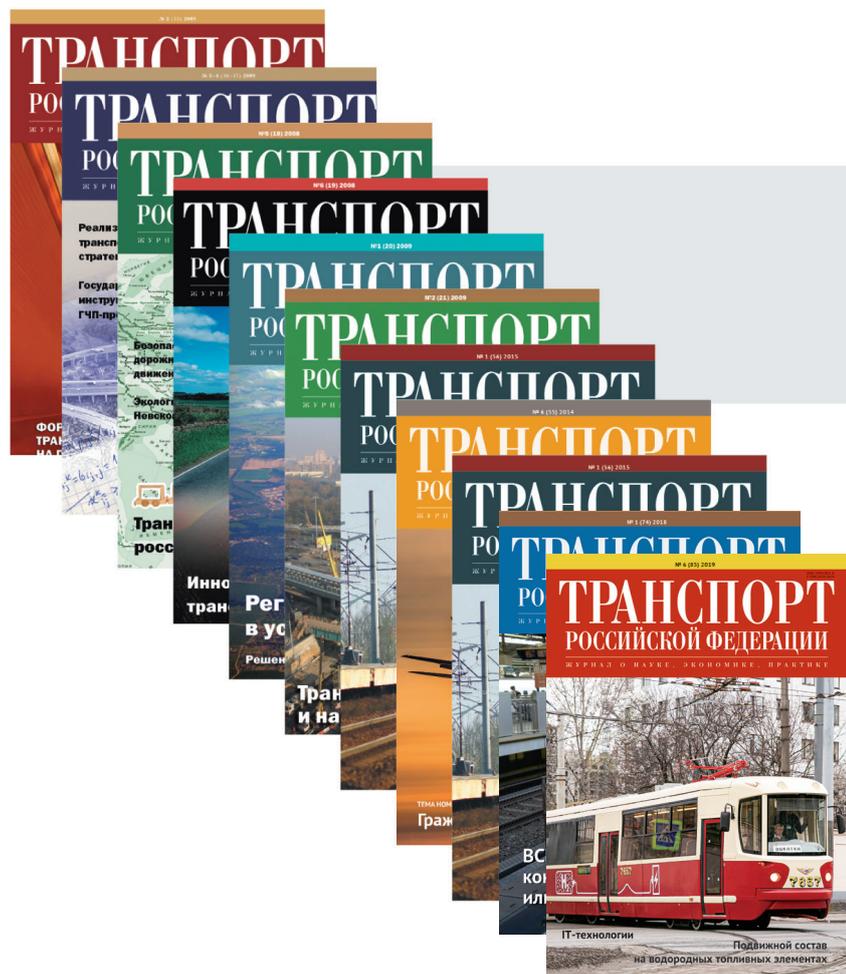
Подписка

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

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

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

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



Подписку также можно оформить в агентствах:

«Книга-Сервис»

Тел.: (495) 680-90-88

<http://akc.ru>

«Урал-Пресс»

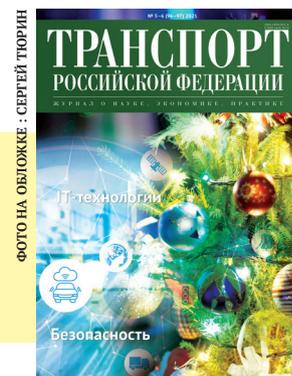
Тел.: (495) 789-86-36

«Почта России»

Тел.: (495) 956-20-67

<http://russianpost.ru>

Содержание

**БЕЗОПАСНОСТЬ**

Кравченко П. А., Жанказиев С. В., Олещенко Е. М.
Пофакторное управление уровнем обеспечиваемой безопасности на дорогах России 3

Ложкин В. Н.
Метод парирования рисков сверхнормативного загрязнения атмосферного воздуха транспортом 9

ЭКОНОМИКА

Мячин В. Н., Цибро С. В., Баскакова А. А.
Методика экономических изысканий на автомобильных дорогах общего пользования 14

Разуваев А. Д., Ледней А. Ю., Титов Р. А., Белозерова Е. И.
Экономический аспект использования и развития транспортной инфраструктуры в городских агломерациях ... 20

Гульй И. М.
Анализ гибридных моделей цифровизации в сфере железнодорожных перевозок 28

ИТ - ТЕХНОЛОГИИ

Тимофеева Е. Ю.
Информационное развитие таможенной инфраструктуры Евразийского экономического союза 32

Евстигнеев И. А., Шмыгинский В. В.
Инфокоммуникационные сервисы на автомобильных дорогах 38

Горбачев А. М., Василенко П. А.
Автоматизация планирования движения городского скоростного легкорельсового транспорта 43

Аганов И. А., Осадчий Г. В., Ефанов Д. В., Мирошниченко О. В., Кубрак В. Ю.
Система мониторинга инженерных конструкций на Пулковском мосту 47

ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

Ефанов Д. В., Плотников Д. Г., Грачев А. А., Семенов А. А., Баните А. В., Лесковец И. В.
Влияние изменения профиля рельса на его напряженно-деформированное состояние 52

ПЕРЕВОЗКИ И ЛОГИСТИКА

Комаров В. В.
Методические подходы для оценки эффективности эксплуатации ВАТС в пассажирских перевозках 59

Шумский А. Н., Хакимова Д. Р.
Эффективная организация приоритетного проезда общественного транспорта 64

КАДРЫ

Овчинников А. Ю., Царькова Е. А., Головина О. В., Семенова Т. А.
Система транспортного образования в России: анализ ситуации и ключевые аспекты 69

ТРАНСПОРТНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

Гаджиметов Г. И., Оганьян Э. С., Фомина И. В., Быков В. А.
Совершенствование расчетных режимов нагружения рамы тележки грузового вагона 77

Федоров С. А., Агинских М. В., Калугин А. В.
Новая арматура для нефтебензиновых вагонов-цистерн 82

Аннотации 87

Abstracts 89

Транспорт Российской Федерации

Журнал о науке, экономике, практике

Учредители

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

Издатель

ООО «Издательский дом Т-ПРЕССА»

При поддержке
Объединенного научного совета по междисциплинарным
проблемам транспортных систем РАН

Генеральный директор

Людмила Карпичева

Главный редактор

Олег Тимофеев

Заместитель главного редактора

Игорь Киселев

Научный редактор

Дмитрий Ефанов

Руководитель проекта

Марина Леонова

Арт-директор

Сергей Тюрин

Литературный редактор

Андрей Гурьев

Корректор

Анна Кузьмина

Референт

Людмила Филиппова

Переводчик

Дмитрий Иванов

Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС77- 34452 от 03.12.2008

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

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

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

Адрес редакции:

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

Редакция журнала не несет ответственности
за содержание рекламных материалов.

Установочный тираж 7 000 экз.

Подписано в печать 24.12.2021.

Отпечатано:

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

Заказ №

Редакционный совет

Олерский В. А. — председатель редакционного совета
журнала

Нерадько А. В. — руководитель Федерального агентства воздушного транспорта

Ефимов В. Б. — президент Союза транспортников России

Мишарин А. С. — президент Российской академии транспорта

Гапанович В. А. — президент НП «ОПЖТ»

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

Редакционная коллегия

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

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

Ефанов Д. В. — заместитель ген. директора по научно-исследовательской работе ООО НТЦ «Комплексные системы мониторинга», профессор Высшей школы транспорта Института машиностроения, материалов и транспорта Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, профессор кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Российского университета транспорта

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

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

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

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

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

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

Киселев И. П. — профессор кафедры «Строительство дорог транспортного комплекса» и кафедры «История, философия, политология и социология» ПГУПС

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

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

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

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

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

Панычев А. Ю. — ректор ПГУПС

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

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

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

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

Пофакторное управление уровнем обеспечиваемой безопасности на дорогах России



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



С. В. Жанказиев,
д-р. техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой
«Организация и безопас-
ность движения» Москов-
ского автомобильно-
дорожного государст-
венного технического
университета



Е. М. Олещенко,
канд. техн. наук,
доцент, директор
центра повышения
квалификации автомо-
бильно-дорожного
факультета СПбГАСУ

В статье исследован когнитивный подход к решению задачи увеличения объема знаний о факторах, влияющих на уровень обеспечиваемой безопасности дорожного движения (БДД). Результат решения поставленной задачи рассматривается как начало формирования полного спектра причин и возможных механизмов парирования каждой из их видов.

Авторы предлагают использовать ненормативное толкование термина «Безопасность дорожного движения» в виде «Организация движения без опасности для жизни и здоровья людей в дорожно-транспортных происшествиях», т. е. речь идет о дорожном движении с результатом нулевой смертности.

Идентификация проблемы

Деятельность по обеспечению безопасности движения (ОБД) на дорогах России в последние годы демонстрирует положительный тренд. Этот факт мог бы быть отнесен к очевидному для общества позитиву, если бы он сопровождался постановкой конкретных целей управления деятельностью ОБД и механизмов их достижения с оценкой достигаемого позитива (меры эффективности управления) и негатива: сохраняющихся рисков опасности (из известного множества возможных их видов), сопровождающих и остающихся после осуществления деятельности.

Потребность в указанном сопровождении определяется, с одной стороны, жесткостью установленного государством срока реализации на практике научно-обоснованного спектра опасностей, максимально приближенного к нулевому уровню смертности на дорогах России к 2030 году [2], а с другой — сложностью и трудоемкостью формали-

зации и исследования моделей процессов функционирования систем ОБДД на различных уровнях их иерархии.

В этой связи деятельность многих государств по обеспечению «нулевой смертности» в дорожном движении (ДД) не перестает сохранять характер трудно-разрешимой проблемы. Необходимость ее ускоренного решения — в строгом соответствии с «этическим принципом неприемлемости гибели людей и получивших тяжкие телесные повреждения», определяющим «единственное приемлемое их число — ноль» [3], сохраняется единым для всех государств, относящим его к приоритетным и сложным задачам своего социально-экономического развития.

В российской практике к причинам, тормозящим реализацию заложенного в концепции «нулевой смертности» этического принципа, традиционно относят несогласованность темпов автомобилизации населения с темпами развития дорожно-транспортной инфраструктуры, неэффективность организации и управления состоянием систем ОБДД, а также низкую дисциплину участников ДД.

Перечисление указанных причин в одной связке как бы уравнивает их по значимости и близости природы возникновения. Но если первая является следствием объективных процессов отставания реальных темпов инвестирования в развитие дорожной среды, а третья — следствием неэффективности систем организации ДД, то вторая причина может быть отнесена в целом на счет органов государственной власти, ответственных по нормам Конституции за обеспечение защиты жизни и здоровья «человека и гражданина». Именно это обстоятельство позволяет

В качестве одного из методов формирования исчерпывающей совокупности опасных факторов и увязанных с ними мер их парирования может рассматриваться построение матрицы системной опасности, компонентами которой являются «спектр опасностей» и «меры парирования опасностей».

Определение целесообразности какой-либо деятельности с позиции системной безопасности связано с системным учетом всех взаимосвязанных сфер деятельности, касающихся отношений, производства, эксплуатации, вмешательства в природу и достаточностью количества аспектов» [1].

отнести ее к первопричинам смертности людей в ДТП, вызванной фактором «неопределенности знаний» [4].

Vision Zero, или «нулевой травматизм» предполагает, что стратегия (когда на дорогах не погибает и не получает серьезных травм ни один участник дорожного движения) реализуется под ответственность создателей дорожно-транспортной системы, прежде всего, дорожных служб, автомобильной промышленности, полиции, политиков и законодательных органов. При несоблюдении участниками дорожного движения правил разработчики системы несут ответственность за ее перепланировку, в частности — правил и регулирующих актов [5,3].

Принятое в статье толкование главного термина государственного норматива ОБДД — «безопасность дорожного движения» — должно восприниматься запретом на пропуск в среду ДД всех известных причин опасности.

Сказанное означает, что по смыслу главный термин российского закона установил в качестве его цели и результата ее достижения условно «чисто нулевую» смертность людей в ДТП. Но она по факту никогда в силу обилия различных случайностей не достигалась ни в одной стране мира и все еще используется как название суперинновационной идеи.

Да, подход сохраняет многие годы интерес специалистов к его реализации на практике и разработке научно обоснованной методологии его обеспечения, которая должна обладать собственным объектом, предметами и методами исследования техники ОБДД. Однако такой методологии мировая научная мысль еще не создала по причинам ее сложности, слабой формализованности и высокой трудоемкости задач разработки новых знаний в принципиально новой системе методологических требований, которые сформировались в мире в последние годы.

«Если проблема повторяется регулярно — дело не в людях, а в системе. Чините систему, не пытайтесь переделывать людей» [6].

В приложении к рассматриваемой проблеме речь идет о требованиях ускоренного перевода техники организации необходимых видов деятельности и управления уровнем ее качества, востребованными планами развития государств, на использование принципов системного подхода [2, 7, 8, 9, 10],

цифровизации [11, 12, 13] и интеллектуализации процессов функционирования систем ОБДД [12, 14, 15, 16].

При этом указанные требования наложилось на сохраняющуюся малоэффективную практику ОБДД, используемую во многих странах, включая и Россию, непозволительный для настоящего времени подход к решению проблемы методом «черного ящика» [5, 7, 10]. Последний не требует науки, опираясь на статистику смертности в дорожном движении, профессиональную интуицию специалистов и положительный мировой опыт, адаптируемый по возможности к специфике государств, догоняющих страны, успешно решающие задачи ОБДД (см. русскоязычную версию стандарта техники управления БДД, принятого странами ЕС в 2010 г. [8]).

Многолетняя успешная реализация указанных принципов в смежных областях профессиональной деятельности создает возможность использования их опыта для решения задач проблемы ОБДД на дорогах России по созданию полноформатных экспертных систем как нового типа программных средств, применяющихся в системах организационного управления [11], в том числе и в кризисных ситуациях. Они используют технологии искусственного интеллекта — технической имитации интеллекта человека [11,12] на базе современных ЭВМ — для решения трудноформализуемых задач в соответствующих специализированных предметных областях (ПО) знаний. Последние разрабатываются квалифицированными экспертами — профессионалами, обладающими полной совокупностью сведений, необходимых и достаточных для решения сложных проблем.

В российской науке и практике ОБДД такой ПО нет. Ее создание на сегодняшний день представляет собой задачу, без решения которой проблему обеспечения «нулевой смертности» в ДТП в полном объеме решить принципиально невозможно. Поэтому речь в настоящий момент может идти только об «усеченных» версиях специализированного искусственного интеллекта, создаваемых компьютерной имитацией интеллекта человека, к которым относят автоматизированные банки информации, экспертные системы, САПР, интеллектуализированные (высокоавтоматизированные) системы управления процессами функционирования сложных объектов.

К числу последних относят и сис-

темы ОБДД — иерархические, многоуровневые системы организационного управления полным множеством требуемых видов деятельности, функционально связанных общей целью. Успех автоматизации управления процессами обеспечения «нулевой смертности» зависит от качества реализуемых в нем нормативно обоснованных механизмов полного, пошагового, наблюдения их состояния и ограничивается на сегодняшний день недостатком научно обоснованных знаний о функциях, способных выполняться человеком и поддающихся передаче их исполнения компьютерам, а также в перспективе может ограничиваться и объемом памяти последних.

Неопределенность необходимых знаний для решения проблемы обеспечения «нулевой смертности» на дорогах, потребность в ускорении решения задач расширения множества факторов, влияющих на БДД и используемых в действующей практике ОБДД делает целесообразным применение апробированного в практике управления сложными системами метода аспектного подхода к многосторонней оценке особенностей систем, процессов управления объектами и качества принимаемых решений.

Потребность в такой оценке обусловлена многообразием выполняемых в них видов деятельности [17]. Каждая из их обоснованных особенностей аспектный подход рассматривает факторами, влияющими на уровень БДД — как самыми существенными, так и самыми ничтожными, уменьшающими роль случайного (неопознанного) фактора, увеличивая уровень обеспечиваемой безопасности в дорожном движении. Указанный подход требует рассмотрения объектов под различными ракурсами или углами зрения с учетом их взаимосвязей, углубляет толкование функций системного подхода, изменяет функциональную структуру систем ОБДД различных уровней сложности, корректируя механизмы формирования их функциональных свойств — управляемости, устойчивости, точности преобразования системой управляющих сигналов, помехозащищенности — от действия внешних возмущений и др.

Приведение действующей в России практики ОБДД в соответствие с требованиями нового методологического подхода требует обстоятельного переос-

мысливания базовых государственных нормативных актов, регулирующих системную организацию деятельности и управление ее состоянием. В качестве примера приведем федеральный закон «О безопасности дорожного движения». Выше была показана его фундаментальная ошибка в определении цели, в то время как она легко обнаруживается в его названии.

В нем термин «БДД» воспринимается либо областью знаний, либо функциональным свойством системы, в то время как должен быть указан его предмет — элемент предметной области, то есть либо цель, либо механизм достижения установленного ею результата, поскольку цель и результат являются синонимами [8].

В этой связи закон должен иметь единственную форму своего названия — «Об обеспечении БДД». В нем присутствует и цель, и концептуальный механизм ее достижения методом предупреждения фактов возникновения причин опасности, собранных в априори известном их множестве вместе с механизмами подавления каждой из них. Последние в этом случае включаются до момента возможного совершения тяжкого дорожно-транспортного происшествия, предупреждая пропуск причины в среду дорожного движения, гарантированно обеспечивая в ней нулевую смертность. Указанный механизм, изложенный на понятийном уровне, носит название концепции БДД [19].

К несистемно изложенному перечню задач, требующих решения, следует добавить задачи:

- аргументированного обоснования функциональной структуры государственной системы ОБДД как носителя всех ее функциональных свойств и объекта ее полной наблюдаемости;
- алгоритмизации процесса ее функционирования, создающей идеально обоснованную цифровую вычислительную модель пошаговых действий в компьютерной программе системного анализа свойств различных объектов;
- механизмов формирования ее основных функциональных свойств, включаемых в статусе факторов в процесс управления БДД, близкий по смыслу к управлению пофакторному;
- формирования максимально возможного множества факторов, включая ничтожные, влияющие на уровень обеспечиваемой БДД.

В израильской практике [21],

к примеру, их более тысячи, около шестисот находятся в поле зрения полиции и только 18 из них отнесены в группу факторов, способных трансформироваться в причины тяжких ДТП и вызываемых исключительно нарушениями правил дорожного движения. Ответственность за их предупреждение средствами «перепланировки системы, в части правил и регулирующих актов» по норме концепции Vision Zero несут разработчики системы [3]. Последние реализуют государственную функцию и должны языком базового норматива включаться в него перечнем ответственных государственных структур, наделяемых соответствующими функциями и ответственностью за их надлежащее исполнение.

Решение проблемы

Как было показано выше, проблема обеспечения «чисто нулевой смертности» принципиально не может быть решена без априори известных и достаточных знаний о полном, системном множестве вызывающих ее причин — осмысленных и ожидающих осмысления в объеме, определяемом числом объектов предметной области знаний, которая пока отсутствует в российской науке и практике.

При отсутствии в настоящий момент указанных знаний проблему можно начать решать с освоения техники применения многоаспектного подхода, в недавнем прошлом широко применявшегося в практике управления большими производственными системами [18, 20]. Он реализует метод всесторонней оценки свойств и особенностей исследуемых объектов различных уровней сложности (в рассматриваемой теме — систем ОБДД) и качества принимаемых по ним управленческих решений. Возможно поэтому в системах автоматизированного управления безопасностью полетов (БП) давно используется термин «система повышения БП» [9], реализующий процесс непрерывного расширения числа вновь обнаруживаемых факторов, включая и факторов ничтожного влияния на уровень обеспечиваемой БДД. Такое расширение обеспечивается применением многоаспектной технологии, которая, по сути, как отмечалось выше, приобретает структуру технологии пофакторного управления системами [9, 2].

«Эффективность применения многоаспектного подхода проявляется только при обязательном учете всех

вместе взятых аспектов, поскольку уделение внимания только одному аспекту не может дать желаемых последствий и, более того, будет способствовать проявлению нежелательных „возмущений“ в процессе деятельности объекта» [18].

Приведем выборку ключевых аспектов, отобранных несистемно из-за возможно «безразмерного» их множества, а интуитивно (прецедентно), используя факты известного отношения ученых к их значимости [18]. В нее целесообразно внести следующие их виды:

- когнитивный (смысловой, познавательный) аспект, проявляющий факты недостатка системно обязательных терминов — нормативного языка проблемы и утраты нормативного толкования, — когнитивного искажения смысла используемых в базовых государственных нормативных актах и в практике ОБДД слов и словосочетаний. К ним относят многословные суждения, термины и понятия [22, 23];

- аспект оценки уровня полноты (достаточности) используемых видов факторов, влияющих на уровень ОБДД. При этом, как показывает опыт Финляндии [19], в причины смертности в ДТП могут трансформироваться неслучайные (подающиеся осмыслению) и случайные, используемые во множестве в отчетных документах большинства стран. Что не увеличивает знаний и не позволяет объективно обосновать уровень ответственности конкретных должностных лиц. Эта важная системная функция требует раздела общего множества причин опасности на два их подмножества. Для решения этой задачи в российской практике весьма полезен опыт Финляндии, демонстрирующий возможность управления безопасностью по неслучайным и случайным причинам [19, 21].

Анализировать нарушения, уметь выявлять и предотвращать производственные конфликты — часть профессиональных обязанностей любых начальников, всех, кто наделен какими-либо полномочиями и кто должен уметь аргументировать и знать, как действовать [23]:

- аспекты управляемости состоянием¹ системы ОБДД в целом, отдельно взятых ее функциональных элементов (ФЭ), содержащих обратные связи, и их связанные группы, образующие параллельно работающие ка-

¹ Состояние — состав, совокупность некоторого множества параметров объекта, подверженных изменению в процессе эксплуатации.

налы прямого управления уровнем обеспечиваемой БДД — каналы профессиональной подготовки водителей транспортных средств (ТС) [24] и профильных специалистов, допуска к эксплуатации ТС и АСУДД (техническое состояние которых соответствует нормативным требованиям), предупреждения детского дорожно-транспортного травматизма и др., а также управляемости движением ТС в интеллектуальных транспортных системах с учетом движения беспилотных транспортных средств [14, 15, 16, 17];

- структурный аспект оценки качества результата работы функционального элемента (субъекта) системы, существенно влияющего на ее эффективность, которая повышается с ростом точности (безошибочности) отработки управляющих сигналов (рис. 1).

Указанные измерения обеспечивают различные уровни точности преобразования входного сигнала ($X_{вх}$) в выходной ($X_{вых}$) — результата функционирования системы.

Для схемы (а) передаточная функция (показатель точности отработки входного сигнала — W_ϵ) определяется по формуле:

$$W_\epsilon = \frac{\epsilon}{x_{вх}} = 1 / ((1/W_3 + W_1 W_2) + (1/W_2 + W_4) + W_4)$$

где W_1, W_2, W_3, W_4 — функциональные элементы системы,

$\epsilon = (x_{вх} - x_{об})$ — ошибка системы,

$x_{вх}$ — входной сигнал,

$x_{об}$ — сигнал обратной связи.

Для схемы (б):

$$W_\epsilon = 1 / [1 / (W_3 + W_4) + 1 / (1 + 1 / W_3 W_4) + 1 / (W_1 W_2 / W_4 + 1 / W_1 W_2 W_3)]$$

Введение обратных связей (ОС) и, дополнительно, включение в их каналы дифференцирующих звеньев, измеряющих скорость (темп) изменения выходных сигналов — результата работы каждого отдельно взятого ФЭ и системы в целом — способно существенно повысить ее эффективность по одному из основных ее функциональных свойств.

В частности, рассмотренные примеры позволяют, используя (для системы организационного управления) лингвистические переменные состояния деятельности, реализуемой в ее ФЭ — в интервале 0–1 (не выполнена / выполнена надлежащим образом) и принимая значение для всех W , равное единице,

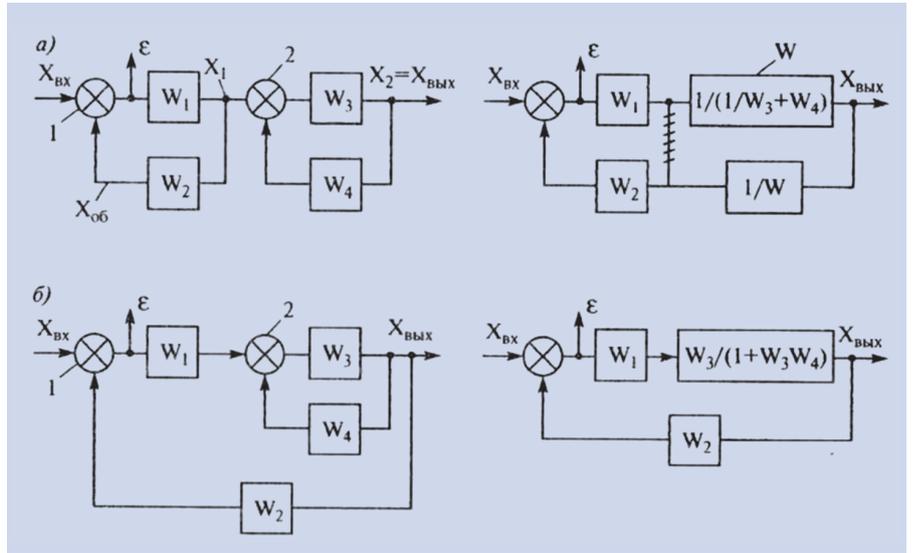


Рис. 1. Примеры структурной организации связей между функциональными элементами (субъектами) системы: с измерением выходных сигналов каждого субъекта (а) и с измерением выходного сигнала системы в целом (б)

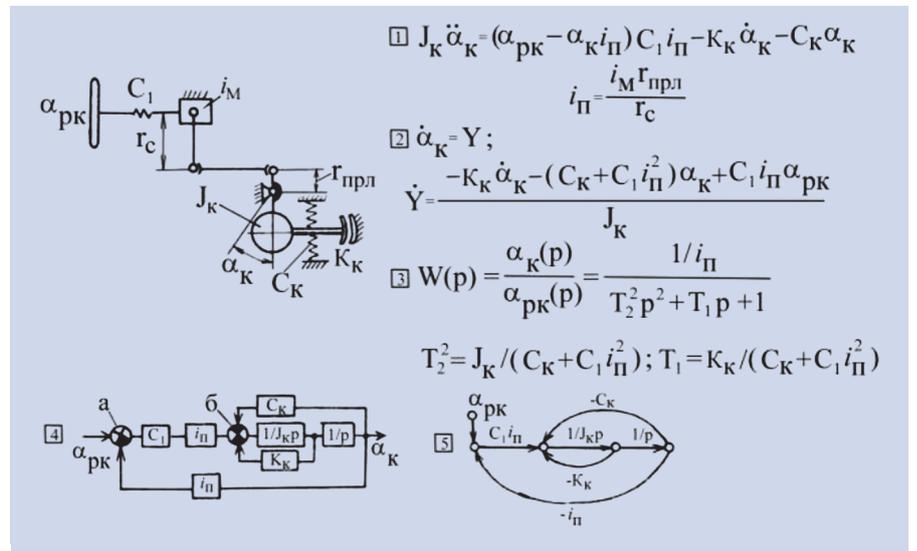


Рис. 2. Формы представления математической модели движения системы на примере механической рулевой системы автомобилей: 1 — дифференциальное уравнение движения системы (Даламбер); 2 — система дифференциальных уравнений первого порядка; 3 — передаточная функция; 4 — структурная математическая модель; 5 — граф-модель [28]

показать:

- точность отработки системой входного (управляющего) сигнала — схема (а) — относительно схемы (б) выше более чем в два раза;
- аспект оценки качества государственного нормативно-правового обеспечения процессов функционирования систем ОБДД и механизмов поддержки их в работоспособном состоянии [25];
- аспект оценки эффективности механизмов внутрисистемной наблюдаемости результатов (x) деятельности: работы (а) каждого отдельно взятого управляемого ФЭ системы, расходования ими выделяемых ресурсов (б)

и времени (t) на использование регламентированных действий — в совокупности выражаемых информационным кортежем [6] $x = (a, b, t)$ [9];

- аспект оценки функциональной эффективности механизмов формирования основных функциональных свойств систем [26];

- аспект наглядности формы представления математических моделей технических систем (рис. 2) и систем организационного управления (рис. 3), проявляющих видимую на глаз последовательность действий, связанных общей целью, облегчающих процесс трансформации в машинные ал-

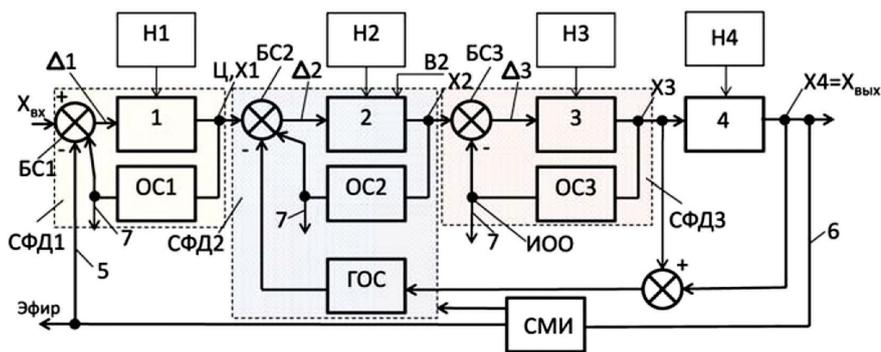


Рис. 3. Функционально-структурная цифровая математическая модель государственной одноканальной системы организационного управления деятельностью по обеспечению БДД [25]:

$X_{вх}$ – законодательно установленные цели функционирования системы, принципы ее организации, правовые механизмы достижения цели и желаемый результат общесистемной деятельности; X_1 – федеральный закон как результат законотворческой деятельности и входной сигнал в систему его исполнения (правоприменения); X_2 – выходной сигнал исполнительного органа 2 управления системой – команда нижестоящему в иерархии системы ФЭ; X_3 – выходной сигнал блока 3, достигнутый уровень ОБДД, измеренный в «опасных» причинах возникновения ДТП; $X_4 = X_{вых}$ – валовый статистический уровень оценки пропущенных причин опасности в ДД (число погибших и травмированных); СФД1, СФД2, СФД3 – субъекты (структуры) системной функциональной деятельности (законодательные и исполнительные органы управления системой; системный хозяйствующий субъект); ОС1, ОС2, ОС3 – каналы обратной связи (контроля) собственной деятельности субъектов; БС1, БС2, БС3 – блоки сравнения желаемого и достигнутого результатов собственной (внутрипроизводственной) деятельности субъектов; ИОО – идентификаторы опасных отказов – нарушений нормативов системной деятельности; СМИ – средства массовой информации; $\Delta_2 = X_1 - X_2$ – величина отклонения результата деятельности от его требуемого уровня; N1, N2, N3 – нормативы деятельности; 1–3 – объекты управления собственной деятельностью; 4 – система ДД; 5 – информация СМИ в эфире; 6 – канал мониторинга общественного мнения; 7 – канал передачи информации об опасных отказах региональному органу управления системой; ГОС – главная обратная связь (ГИБДД).

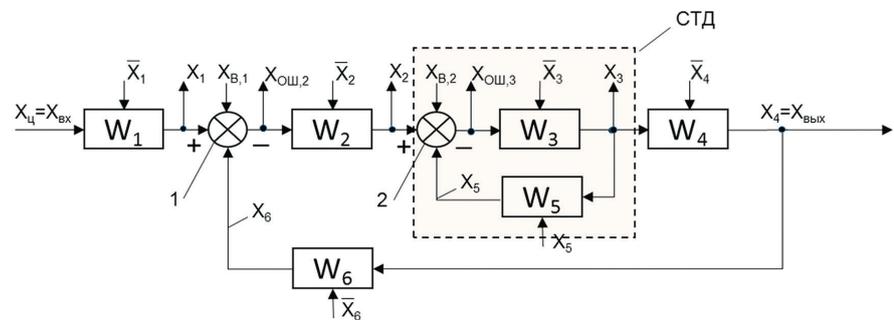


Рис. 4. Алгоритмическая математическая модель функционирования одноканальной, полностью наблюдаемой системы и механизма формирования ее функциональных свойств:

$X_{ц}$ – цели, удовлетворяющие потребностям общества в ОБДД; $X_1 - X_6$ – выходные сигналы как наблюдаемые параметры состояния системы (результат работы всех ее функциональных элементов, ФЭ); $W_1 - W_6$ – функции преобразования ФЭ входных сигналов в выходные (содержание, алгоритмы работы): в хозяйствующем субъекте – W_4 , и в каналах обратных связей – W_5, W_6 (измерение, контроль, мониторинг); $X_{ош,2}, X_{ош,3}$ – сигналы системных ошибок (отклонений от штатной деятельности по отработке входных сигналов); 1–6 – массивы мер парирования системных ошибок средствами коррекции содержания деятельности ФЭ; 1, 2 – блоки сравнения выходных сигналов с входными; $X_{в,1}, X_{в,2}$ – сигналы, возмущающие систему; STD – субъект транспортной деятельности [19]

горитмы, обеспечивающих обобщение групп моделей различных по конструкции объектов одного функционального назначения [28] и облегчающих удержание их смысла в памяти ответственных должностных лиц;

- аспект оценки согласованности назначения системы и толкования смысла

терминов «цель» и «механизм достижения цели», изложенных на понятийном уровне, т. е. концепции обеспечения БДД средствами системной организации множества различных видов деятельности, функционально связанных общей целью и обеспечивающих упреждение по времени моментов возник-

новения причин смертности относительно моментов совершения их следствий – тяжелых ДТП (рис. 4);

- терминологический и алгоритмический аспекты [22], оценивающие качество функционального толкования ключевых терминов в государственных нормативных документах и качество формализации процесса преобразования установленной в нем цели в требуемый результат, представленный в алгоритмической форме – идеально обоснованной вычислительной последовательности действий, замещаемых машинным алгоритмом – форме, также обладающей наглядностью, облегчающей запоминание в головах ответственных лиц его зрительно воспринимаемого образа;

- экономический аспект, учитывающий совокупное действие законов и тенденций развития экономики России;

- аспект качества реализации ответственными должностными лицами регламентированной деятельности;

- аспект качества оценки наличия у ответственных должностных лиц (при их периодических аттестациях) требуемого уровня знаний по нормативному толкованию базовых одно- и многословных терминов – каждого слова поэлементно и термина в целом.

Перечисленная выборка аспектов должна непрерывно пополняться и другими дополнительными их видами [18] по мере осмысления новых механизмов их использования на практике. К ним следует отнести следующие аспекты: организационный [8, 11, 16, 18], политический (стратегии ОБДД), социальный, психологический [18], мотивационный [24],

- экономический, факторный [4].

Замыкать полное множество аспектов, разносторонне оценивающих особенности различных объектов предметной области знаний (нестрогость или отсутствие) в объеме, обладаемом российской наукой и техникой ОБДД, должен аспект неопределенности знаний у ответственных должностных лиц о пространстве факторов, влияющих на БДД и причинах смертности людей в ДТП, преимущественно случайных, поскольку, повторим, неопределенность знаний является первопричиной всех ДТП, создаваемых отклонениями параметров процессов функционирования систем от нормативных требований.

Проблема «нулевой смертности»

в этой связи требует знаний все «новых и новых групп факторов (существенных и ничтожных) с целью уменьшения роли случайного (неопознанного) фактора» [4], а также знаний о механизмах формирования базовых функциональных свойств системы [26], обеспечивающих ее полную наблюдаемость [26], управляемость, устойчивость, точность отработки управляющих команд, быстрое действие и помехозащищенность (парирования воздействия на систему возмущающих факторов).

Указанные механизмы создаются методом структурных преобразований моделей систем, представляемых в функционально-структурной форме. В рассматриваемой в данной статье теме — систем ОБДД, технических и организационного управления (рис. 3).

Зарубежная практика последних лет (Финляндия) демонстрирует возможность предупреждения фактов смертности людей в ДТП, возникающих и по случайным причинам. В ней содержится новая информация о методе, позволяющем разделить общее множество фактов смертности на три подмножества [19]:

- фактов смертности по несчастным причинам, поддающимся осмыслению и подавлению научно обоснованными средствами (1973–1998 гг.);
- неизменяющегося их числа по причине исчерпания научного потенциала, определяющего границу фонового уровня — «квазиулевого» уровня опасности (1998–2004 гг.),
- подмножества фактов смертности по случайным причинам с демонстрацией возможности их предупреждения (2004–2015 гг.).

Такая возможность создается средствами управления потоком статистической и вероятностной информации о случайных событиях за определенный период времени — по общим и частным, абсолютным и относительным показателям с последующим их толкованием и принятием качественных управленческих решений по повышению уровня обеспечиваемой БДД. Последние учитывают выявленные тенденции его изменения — решений с позиции государства, управленческих, производственных структур и с позиции общества [18].

В статье исследована и подтверждена возможность и целесообразность использования в российской практике метода пофакторного управления уровнем обеспечиваемой БДД, когнитивного и аспектного подходов к обоснованию

механизма расширения области поиска факторов, влияющих на уровень дорожной безопасности, в том числе и возникающих случайно.

Подтверждено, что когнитивный и аспектный подходы расширяют границы исследуемых систем, изменяют структуру и механизмы формирования их ФС, используют максимально возможное разнообразие видов факторов и причин, способных существенно повысить качество решения системных задач и ускорить процесс выхода практики обеспечения БДД для начала на «чисто нулевой» уровень смертности в ДТП.

Указанные подходы способны обеспечить ускоренное освоение российской наукой и практикой новой, суперинновационной, определенной государством методологической базы научных исследований по оптимальной цифровой организации и управлению состоянием систем ОБДД, а также освоение мирового опыта ее применения в различных областях деятельности, поскольку опасность любого вида предупреждается единообразным механизмом парирования полного спектра ее причин.

Результаты исследования новых в российской практике ОБДД подходов вселяют уверенность в возможность ускоренного решения проблемы обеспечения «нулевой смертности» на дорогах России в строгом, обновленном его толковании в статусе смертности близкой к «чисто нулевой», а также в вероятность повышения совершенства функциональных свойств системы ОБДД до уровня, способного учесть в ближайшей перспективе требования интеллектуальных транспортных систем с участием высокоавтоматизированных и подключенных к системе внешних сервисов транспортных средств, обеспечив их безопасное движение в дорожной среде, и в итоге обеспечить максимальное приближение к «нулевой смертности» на дорогах России к 2030 году — дате, определенной новой стратегией БДД России. ■

Литература

1. Довгуш, С. И. О матрице системной безопасности: спектр опасностей — меры их парирования: фундаментальные проблемы системной безопасности: сборник статей / С. И. Довгуш, А. Г. Леонов // Вычислительный центр им А. А. Доброницина РАН. — Москва : Вузовская книга, 2008. — 568 с.

2. Стратегия безопасности дорожного движения в РФ на 2018–2024 годы : утверждена распоряжением Правительства РФ от 8 января 2018 г. № 1-р. г. Москвы.
3. Safe Traffic – Vision Zero on the move. – Swedish Transport Administration, 2012.
4. Безопасность полетов летательных аппаратов : методологические основы / А. И. Стариков и др. — Москва : Транспорт, 1988. — 159 с.
5. Всемирный доклад о предупреждении дорожно-транспортного травматизма. — Москва : Весь мир, 2004. — 280 с.
6. Парабеллум, А., Мрочковский Н. 21 закон бизнеса. Истинные причины успеха / А. Парабеллум, Н. Морчковский. — Санкт-Петербург : ООО «Питер Пресс», 2013. — 80 с.
7. Кравченко, П. А. Системный подход в управлении безопасностью дорожного движения в Российской Федерации / П. А. Кравченко, Е. М. Олещенко // Транспорт РФ. — 2018. — № 2. — С. 14–18.
8. ГОСТ Р ИСО 39001–2014. Системы менеджмента БДД. Требования и руководство по применению.
9. Гамулин, А. Г. Автоматизация управления безопасностью полетов / А. Г. Гамулин, Г. В. Громов, А. С. Кострицкий [и др.] — Москва : Транспорт, 1989. — 116 с.
10. Стасинопулос, П. Проектирование систем как единого целого. Интегральный подход к инженерингу для устойчивого развития / П. Стасинопулос, М.-Х. Смит, К.-Ч. Харгроувс, Т. Деса — Москва : Эксмо, 2012. — 288 с.
11. Некрасов, А. Г. Система управления жизненным циклом (трансформация в цифровую инфраструктуру) / А. Г. Некрасов, Б. В. Соколов, К. И. Атаев. — Москва : Техполиграфцентр, 2017. — 155 с.
12. Васильев, В. И. Интеллектуальные системы управления : теория и практика / В. И. Васильев, Б. Г. Ильясев. — Москва : Энергоатомиздат, 1983. — 184 с.
13. Кравченко, П. А. Цифровое моделирование систем управления БДД (Digital modeling of traffic safety management systems) / П. А. Кравченко, Е. М. Олещенко, А. М. Плотноков // Transportation Research Procedia. — Vol. 36 (2018). — P. 364–372.
14. Жанказиев, С. В. Проектирование человеко-машинного интерфейса для беспилотных транспортных средств с учетом безопасного времени передачи управления // Вестник МАДИ. — 2019. — № 1. — С. 36–42.

15. Жанказиев, С. В. Применение интеллектуальных транспортных систем для снижения тяжести последствий в ДТП // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2019. – № 2. – С. 2–4.
16. Кравченко, П. А. Методика эксплуатационного контроля уровня курсовой управляемости большегрузных и городских пассажирских транспортных средств и оценки его влияния на безопасность дорожного движения (A method of monitoring the level of course-keeping controllability in heavy-duty and urban passenger vehicles and evaluating its influence on traffic safety) / П. А. Кравченко, Е. М. Олещенко, В. И. Горшков // Transportation Research Procedia. – Vol. 36 (2018). – P. 373–379.
17. Олещенко, Е. М., Хюваринен Ю., Сваткова Е. А., Пущина С. И. Аудит дорожной безопасности (Road Safety Audit) / Е. М. Олещенко, Ю. Хюваринен, Е. А. Сваткова [и др.] // Transportation Research Procedia. – Elsevier. – 2016. – № 20. – P. 236–241.
18. Чумаченко, Н. Г. Принятие решений в управлении производством / Н. Г. Чумаченко, А. П. Савченко, В. Г. Корнев – Киев : Техника, 1978. – 192 с.
19. Кравченко, П. А. Концепция обеспечения «нулевой смертности» на дорогах России как механизм борьбы с причинами дорожно-транспортных происшествий / П. А. Кравченко, С. В. Жанказиев, Е. М. Олещенко // Транспорт РФ. – 2019. – № 4. – С. 3–7.
20. Полищук, Ю. М. Теория автоматизированных банков информации / Ю. М. Полищук, В. Б. Хон – Москва : Высшая школа, 1989. – 184 с.
21. Цижный, Э. Всё движение автотранспорта контролируется из центра // STOP-Газета. – 2005. – № 8. – С. 10–12.
22. Кравченко, П. А. Терминологический и алгоритмический аспекты в проблеме обеспечения нулевой смертности на дорогах России / П. А. Кравченко, С. В. Жанказиев, Е. М. Олещенко // Транспорт РФ. – 2020. – № 2. – С. 3–6.
23. Джентайл, М. Когнитивное искажение знаний при принятии решений // Harvard Business Review – Россия. – 2010. – С. 95–98.
24. Кравченко, П. А. Автошколы как инструмент профессионального образования и мотивации молодежи для задач обеспечения безопасности дорожного движения / Транспорт РФ. – 2014. – № 5 (54). – С. 47–52.
25. Кравченко, П. А. О нормативах качества законодательных актов, регулирующих деятельность в сфере обеспечения БДД // Транспорт РФ. – 2012. – № 3.
26. Кравченко, П. А. Механизмы формирования функциональных свойств систем обеспечения безопасности дорожного движения (Mechanisms of Functional Properties Formation of Traffic Safety Systems) / П. А. Кравченко, Е. М. Олещенко // Transportation Research Procedia. – Elsevier. – 2016. № 20. – P. 367–372.
27. Кравченко, П. А. Концепция полной наблюдаемости систем предупреждения дорожно-транспортного травматизма / П. А. Кравченко, Е. М. Олещенко // Транспорт РФ. Специальный выпуск. – 2015. – С. 25–31.
28. Кравченко, П. А. Автоматизированное проектирование автомобильных рулевых приводов (подсистема анализа функциональных свойств). – Ленинград : ЛИСИ, 1989. – 87 с.
29. Осипов, Г. С. Лекции по искусственному интеллекту. – Москва : ЛЕНАНД, 2018. – 272 с.

Метод парирования рисков сверхнормативного загрязнения атмосферного воздуха транспортом



В. Н. Ложкин,
д-р. техн. наук, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»

Экологические проблемы в городах в значительной степени связаны с неудовлетворительным техническим состоянием и небывалым увеличением парка транспортных средств. Так, в Санкт-Петербурге численность зарегистрированных автомобилей, не считая транзитного транспорта, выросла за последние три десятилетия почти в десять раз и насчитывает сегодня более двух миллионов единиц [8].

На здоровье жителей Санкт-Петербурга негативное влияние оказывают в первую очередь приоритетные (по данным Всемирной организации здравоохранения [1]) промышленные загрязняющие вещества (ЗВ): оксид углерода (СО), диоксид азота (NO₂), твердые частицы сажи опасного размера PM₁₀ и PM_{2,5}, диоксид серы (SO₂) и шум [2, 3, 4, 5].

По официальной информации

источника [6], доля ЗВ, приходящаяся только на отработавшие газы (ОГ) поршневых тепловых двигателей автотранспорта, эксплуатируемого на улично-дорожной сети (УДС) Санкт-Петербурга, составляет не менее 85 %. Следовательно, остальные ЗВ приходятся на тепловые двигатели железнодорожного, водного, воздушного транспорта и предприятия теплоэнергетики (тепловые электрические станции, тепло-

централи — в том числе промышленных предприятий) [7].

Следует принимать во внимание и тот факт, что весь электрический транспорт (трамваи, троллейбусы, поезда метрополитена, электрические локомотивы, пассажирские электрички, электробусы) далеко не безобидны в отношении загрязнения атмосферы как поллютантами, так и особенно парниковыми газами [5], поскольку электрическая энергия, приводящая их в движение, вырабатывается городскими тепловыми станциями, на которых сжигается природный газ [7].

Отмеченные факторы представляют серьезную опасность для здоровья городского населения, а также глобальной устойчивости цивилизации вследствие наблюдаемого за последние 50 лет изменения климата (его потепления) и поэтому требуют проведения научного анализа с разработкой и принятием компенсирующих мер.

Состояние проблемы и задачи исследования

С 1 января 2015 г. вступило в силу решение комиссии Таможенного союза Евразийского экономического сообщества № 877 от 9 декабря 2011 г. о принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011) со списком изменений документов в редакции решения Совета Евразийской экономической комиссии № 6 от 30 января 2013 г. Документом были закреплены требования Европейского Союза (ЕС) в соответствии с директивами 98/70/ЕС — качество топлива; 2007/46/ЕС — утверждение типа ТС; 2005/55/ЕС — европейские нормы на выбросы в атмосферу ЗВ [7, 8].

Стратегические действия органов власти в России на федеральном и региональном уровнях уже с 2005–2010 гг. обеспечили гармонизацию нормативно-правовых актов в области экологического контроля автотранспорта с директивами и регламентами Евросоюза, представляющими основу правил Европейской экономической комиссии ООН и ТР ТС 018/2011 [6, 7]. Это стало

жизненно необходимым условием для радикального положительного изменения технического состояния (сегодня это транспорт экологических классов, преимущественно Euro-4, Euro-5, Euro-6) и структуры (появление электрических, гибридных, интеллектуальных конструкций) автотранспорта, эксплуатируемого на дорогах России и Санкт-Петербурга, в частности его омоложения [7, 8]. Что самым положительным образом сказалось на качестве городского воздушного бассейна [8, 9].

Однако в часы пик движения автотранспорта в периоды неблагоприятных и аномальных атмосферных явлений, затрудняющих естественное «проветривание» городских ландшафтов, участвующих с потеплением климата [2–5], наблюдаются высокие уровни локального загрязнения воздуха выхлопными, картерными газами и топливными испарениями от автомобилей и отходящими газами от городских теплоэнергетических предприятий [7, 8]. Все это поставило новые задачи контроля и реагирования на, по сути, чрезвычайные экологические ситуации перед службами МЧС России [7].

В этой связи были поставлены задачи научного исследования:

- проанализировать состояние атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге;
- путем моделирования реальных физических явлений оценить изменение качества атмосферного воздуха

отдельных территорий города под влиянием выбросов ЗВ от автотранспорта и теплоэнергетики;

- предложить решения для минимизации экологических рисков.

Методика исследования

В качестве исходной информационной базы экспериментальных данных для верификации («обучения») математических моделей и выполнения с их помощью последующих расчетных исследований были взяты доступные сведения о загрязнении городской воздушной среды с официального портала Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Администрации Санкт-Петербурга. Экспериментальные данные велики по объему, поэтому в статье приводятся только результаты их машинной математической обработки по адекватным моделям, то есть результаты, которые по научной терминологии относят к «численным экспериментам».

Отмеченная экспериментальная инструментальная информация, использованная в исследовании, собирается непрерывно введенной в эксплуатацию в начале 2000-х годов автоматизированной информационной цифровой системой контроля качества атмосферного воздуха на территории Санкт-Петербурга и прилегающей к городу акватории Финского залива.

Эта работа по получению экспериментальной информации на сегодняшний день проводится в непрерывном режиме с помощью 21 стационарной станции, двух метеостанций и нескольких передвижных (на шасси микроавтобусов) лабораторий наблюдения. Автоматические измерения концентраций ЗВ производятся в приземном слое атмосферы (5 метров — на уровне дыхания человека) каждые 20 минут (время оценки предельно допустимой максимально разовой концентрации ПДК_{МР}).

На рис. 1 схематически показана карта Санкт-Петербурга, на которую нанесены отдельные места (выделены красным цветом) инструментального наблюдения. Эксплуатация станций осуществляется Санкт-Петербургским государственным геологическим унитарным

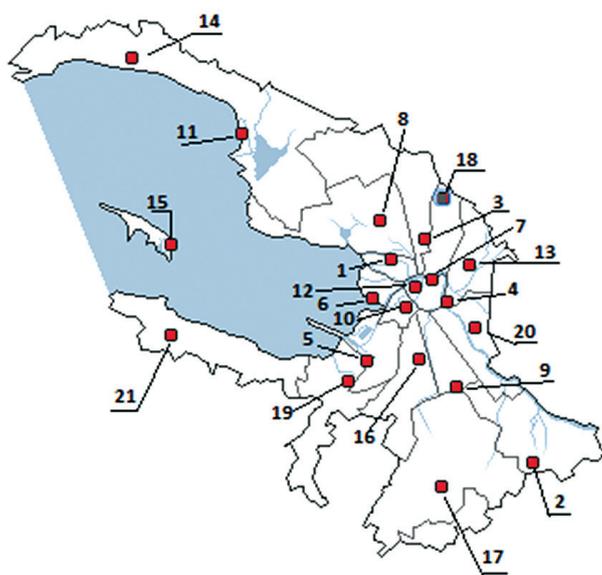


Рис. 1. Расположение мест наблюдения (получения экспериментальной информации) на схематической карте Санкт-Петербурга: № 1, № 2 ... № 21 (номера станций)

предприятием «Специализированная фирма „Минерал“». Система создавалась Комитетом по природопользованию при поддержке ОАО «НИИ Атмосферного воздуха», ГГО им. А. И. Воейкова, ВНИМ им. Д. И. Менделеева, Метеорологического института Финляндии и Института гидрологии и метеорологии Швеции [9]. Более подробные сведения о технологии получения экспериментальной информации, использованной в исследовании, можно найти в работах [9, 10].

Для математической обработки значительного массива экспериментальных данных по концентрациям загрязняющих веществ, получаемых стационарными станциями наблюдения и передвижными лабораториями, применялся метод моделирования, основанный на нейросетевой теории [9], с использованием гауссовых моделей. Ниже представлена окончательная формула математических преобразований, по которой производились расчеты.

$$q_n(t, x_i, y_i, z_i) = \sum_{i=1}^N C_i \frac{Q \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{(x_i-x_0-V_x t)^2}{(\sigma_x)^2 t} + \frac{(y_i-y_0)^2}{(\sigma_y)^2 t} + \frac{(z_i-z_0)^2}{(\sigma_z)^2 t}\right)\right)}{(\sqrt{2\pi t})^3 \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \quad (1)$$

где x_0, y_0, z_0 — координаты источника выброса ЗВ, м; Q — мощность источника (интенсивность выброса ЗВ), г/с;

V_x — коэффициент, учитывающий влияние на перенос ЗВ скорости ветра при допущении, что система координат сориентирована в пространстве таким образом, что ось OX совпадает с направлением ветра, м/с;

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ — средние квадратичные отклонения координат ЗВ в момент времени t , соответственно вдоль координатных осей OX, OY, OZ.

Уравнение (1) для концентрации ЗВ (q) используется как модель, соот-

ветствующая искусственным нейронным сетям с радиальными базисными функциями (в конкретно решаемой задаче базисная функция — это Гауссиан). Настройка весов сети, линейно и нелинейно входящих параметров C_i и x_i, y_i, z_i , осуществлялась путем минимизации функционала ошибки по методике работы [9]. Нейронные сети строились в разных количественных сочетаниях нейронов ($n = 5, 10, 15$ и 20) с использованием известного по зарубежным источникам подхода RProp, а также комбинации подходов по методу «облака» (с числом частиц $n_1 = 3$) и RProp (с числом нейронов $n = 5$). С теоретическими частностями подходов можно ознакомиться по работе [9]. Расчеты проводились с использованием программного обеспечения Mathematica компании Wolfram Research.

Для прогнозирования загрязнения воздуха при неблагоприятных и аномальных метеорологических условиях в исследовании применялся метод, основанный на *K-теории рассеяния поллютантов*. Автором накоплен положительный опыт применения методологии ГГО им. А. И. Воейкова для прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха «холодными» выбросами для нормально неблагоприятных метеорологических условий (ННМУ) [10]. Такими признаками искусственно наделяются газы, отходящие от участков автомагистралей в прилегающий воздушный бассейн. Эта методология получила широчайшую многолетнюю инструментальную проверку [8, 10].

В основу модели положено численное решение системы уравнений атмосферной диффузии поллютантов, каждое из которых запи-

сывается для концентрации одного из оцениваемых ЗВ. Уравнение (2) записано только для концентрации одного ЗВ. Оно представлено в декартовой системе координат с осью z , направленной вверх. Считаем, что компоненты скорости ветра удовлетворяют уравнению неразрывности, в котором пренебрегается зависимость плотности среды от меняющихся координат диффузии ЗВ.

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 (u_i + w_g k_{ji}) \frac{\partial q}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_i} K_i \frac{\partial q}{\partial x_i} - \alpha q + S, \quad (2)$$

где q — концентрация ЗВ;

u_i и K_i — компоненты средней скорости ветра и коэффициента турбулентной диффузии вдоль декартовых координатных осей x_i ;

w_g — скорость гравитационного оседания примеси (отлична от нуля в случае переноса частиц);

k_{ji} — символ Кронекера, равный 1 при совпадении индексов и 0 при их несовпадении;

α — коэффициент, учитывающий метаболизм ЗВ;

S — член, учитывающий влияние источников и стоков ЗВ, их химическую (в том числе фотохимическую) трансформацию и другое [8].

Использование описанного подхода математического моделирования турбулентной диффузии, который называют *K-теорией*, относящейся к группе климатического моделирования, с обоснованными упрощениями геометрической стилизации конкретных участков улично-дорожной городской сети (УДС) и эмпирическими уточнениями физики рассеяния ЗВ, позволяет путем численного решения уравнения (2) (с математическими частностями можно познакомиться по работам [8, 10]) оценить вероятные максимальные значения концентраций исследуемого ЗВ на разных удалениях от источника (элемент УДС, городская теплоцентральный и т. п.). В настоящем исследовании расчеты проводились с помощью сертифицированной унифицированной программы «Магистраль» ООО «Фирма „Интеграл-Софт“» (Санкт-Петербург).

Результаты экспериментально-расчетных исследований

Предметом исследования являлись виртуальные (цифровые) модели физических явлений переноса в стратифицированной атмосфере Санкт-Петербурга загрязняющих

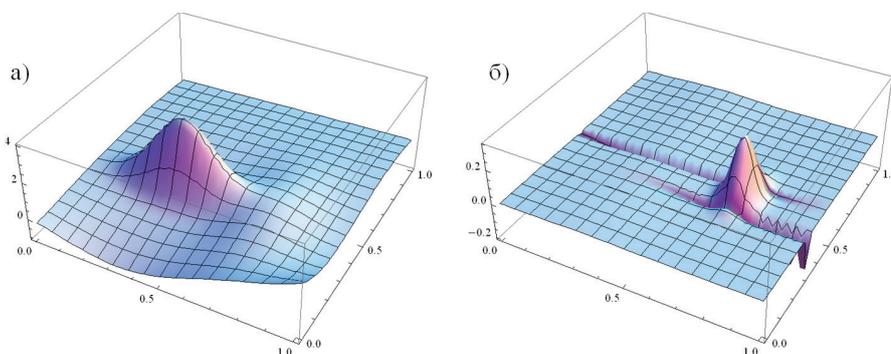


Рис. 2. Расчетная 3D-визуализация загрязнения воздуха на территории Санкт-Петербурга: а) диоксидом азота NO_2 при «штилевой» погоде; б) твердыми частицами сажи PM_{10} при слабом юго-западном ветре со скоростью до 1.5 м/с

веществ при сочетании высокой транспортной нагрузки (максимальные интенсивности автотранспортных потоков на городской УДС в часы пик), работе предприятий теплоэнергетики, промышленности, дизельных железнодорожных локомотивов и судов, авиалайнеров аэропорта Пулково в штатном режиме с неблагоприятными метеорологическими параметрами (скорость ветра менее 2 м/с, инверсия температуры в приземном слое тропосферы). Для реализации такого вероятного сценария были отобраны и вышеописанным методом нейросетевого моделирования обработаны массивы данных измерений концентраций в воздухе NO_2 и PM_{10} стационарными станциями наблюдений.

На рис. 2а в качестве примера приведены результаты 3D-моделирования загрязнения воздуха Санкт-Петербурга диоксидом азота NO_2 (в условно-расчетных геометрических параметрах, соответствующих схематическому изображению территории города в географических границах), рис. 1а — при «штилевой» погоде (отсутствии заметной ветровой нагрузки), а на рис. 2б — загрязнения воздуха твердыми частицами сажи PM_{10} при модельном сценарии перехода «штилевой» погоды в Санкт-Петербурге к слабой ветровой нагрузке в юго-западном направлении (скорость ветра до 1.5 м/с).

Анализ данных диаграммы рис. 2а показывает вероятность достаточно высокого относительно других городских районов уровня загрязнения воздуха диоксидом азота, соответствующего области с координатами $59^\circ 53'$ с. ш. и $30^\circ 03'$ в. д. (над Финским заливом). Высокий уровень загрязнения здесь объясняется диффузией (стеканием) загрязняющих веществ в область более низкого атмосферного давления из-за часто наблюдаемой над заливом инверсии температуры. Следует подчеркнуть, что картина плотного сизого смога над акваторией Финского залива периодически наблюдается визуально. Она была засвидетельствована и аэрокосмическими снимками.

Анализ данных диаграммы рис. 2б показывает вероятность относительно высокого в сравнении с другими городскими районами

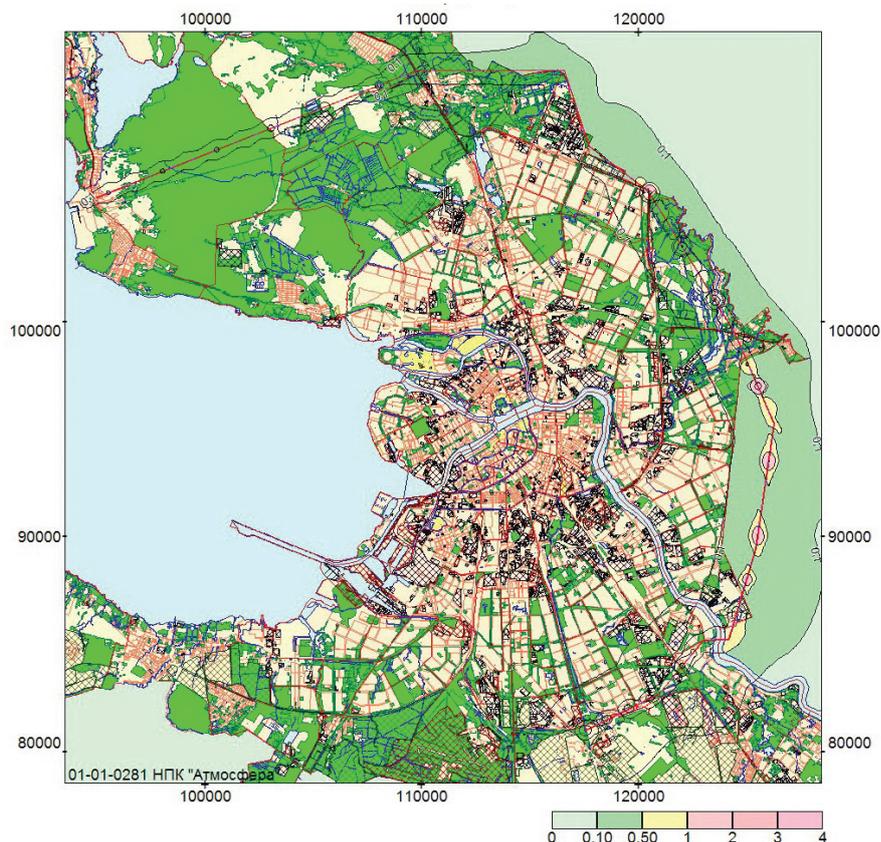


Рис. 3. Ожидаемое загрязнение воздуха частицами дизельной сажи $\text{PM}_{2.5}$ в прилегающих к городской УДС жилых кварталах при ННМУ (Санкт-Петербург, часы пик)

уровня загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами сажи PM_{10} , соответствующего области с координатами $59^\circ 55'$ с. ш. и $30^\circ 20'$ в. д. (Центральный район). Спонтанно сложившийся высокий уровень загрязнения здесь, по-видимому, объясняется более высокой плотностью автомобильного движения в часы пик в этом районе и постепенным перемещением облака смога, ранее образовавшегося над Финским заливом, к центру города под воздействием слабого юго-западного ветра.

На рис. 3 как второй пример практической реализации расчетного прогнозирования качества воздушной среды для чрезвычайных условий показана вероятная карта загрязнения атмосферы Санкт-Петербурга на городской УДС твердыми частицами сажи самого опасного размера $\text{PM}_{2.5}$, которая выбрасывается в окружающую среду с отработавшими газами автотранспорта, оснащенного двигателями с воспламенением от сжатия (дизелями). Чрезвычайная опасность дизельной сажи для человека обусловлена еще и тем, что в ее порах адсорбировано самое опасное по шкале ВОЗ ве-

щество — бензопирен, $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$.

ГИС-карта получена ранее описанным расчетным путем, методом, основанным на K -теории рассеяния ЗВ для нормально неблагоприятных метеорологических условий по реальным данным обследования структуры и интенсивностей движения автомобилей на элементах городской улично-дорожной сети в соответствии с методикой, ранее разработанной с участием автора и детально изложенной в работах [7, 8].

Насыщенность цветовой окраски по шкале, приведенной ниже рисунка, соответствует долям ПДК_{МР} и благодаря исчерпывающей наглядности полученной ГИС-карты позволяет ответить на вопросы заинтересованных лиц о величине уровня опасности пребывания горожанина в любом районе в ближайшей и удаленной окрестности от любого участка автомобильных магистралей УДС Санкт-Петербурга.

В частности, при анализе всей картины загрязнения атмосферного воздуха на территории Санкт-Петербурга не составляет труда заметить и принимать во внимание то, что при ННМУ в часы пик автомобильного

движения (преимущественно утренние и вечерние часы) небезопасно находиться в центральных районах, на Петроградской стороне, в окрестности КАД и во всех местах, где образуются пробки (они заметны на карте). Во всех этих местах вероятно ожидать для рассмотренных, по сути чрезвычайных, условий загрязнений воздуха $PM_{2.5}$, содержащих бензопирен ($C_{20}H_{12}$) до 2–4 ПДК_{МП}. Следует заметить, что, согласно данным ВОЗ [1], уже превышение фоновое загрязнение бензопиреном представляет онкологическую опасность для людей.

Методы парирования экологических нарушений и предложения по улучшению обстановки

Радикальным способом ликвидации экологических нарушений в форме сверхнормативного локального загрязнения воздушной среды поллютантами транспорта является его обновление на экологически чистые виды. В странах Европейского союза в настоящее время идет разработка уровня экологических требований Euro-7 к качеству топлива и организации технологических процессов его сжигания [1, 11] в том числе путем глубокой рекуперации энергии и каталитической конверсии отходящих газов [12]. Для сравнения: на начало 2019 г. в Российской Федерации экологический уровень эксплуатируемых транспортных средств в среднем соответствовал Euro-2 – Euro-3 [11, 12].

Применение городского электрического транспорта, в частности электромобилей, электробусов и т. п., может дать полноценный экологический эффект, принимая во внимание проблему потепления климата, только в одном случае: если электрическая энергия, питающая эти виды транспорта, будет генерироваться исключительно возобновляемыми источниками чистой энергии [11].

В качестве предложения эффективного улучшения экологической обстановки при локально-территориально-временных ННМУ, в виду того что человек пока не может управлять климатом, рекомендуется, как это делается во многих городах мира [1, 11], прогнозировать их возникновение с помощью расчетных методов, аналогичных предлагаемым в настоя-

щем исследовании, и выводить из обращения часть транспортных средств на время действия погодных условий адекватно ожидаемой степени риска для здоровья населения.

На основании полученных в ходе исследования результатов можно сделать следующие выводы.

1. Распределение по территории Санкт-Петербурга актуальных поллютантов (NO_2 , PM_{10} , $PM_{2.5}$) от транспорта и предприятий теплоэнергетики (на эти источники в городе приходится не менее 90 % вредных выбросов с продуктами сжигания углеводородов) напрямую зависит от скорости и направления ветровой нагрузки, стратификации и инверсии приземного слоя атмосферы.

2. В безветренную погоду при нормальной стратификации атмосферы высокий уровень загрязнения поллютантами вероятно ожидать в акватории Финского залива. С появлением, согласно розе ветров климата Санкт-Петербурга, наиболее вероятной погоды с юго-западной ветровой нагрузкой – в восточных и северо-восточных городских окраинах.

3. Предлагается с использованием разработанных методов расчета прогнозировать локально-территориально-временные ННМУ, для того чтобы парировать риски сверхнормативного загрязнения атмосферного воздуха путем мероприятий, предложенных в настоящем исследовании. ■

Литература

1. Официальный сайт Всемирной организации здравоохранения. – URL: <http://www.who.int/en/> (дата обращения: 15.11.2021).
2. Hitchcock G., Conlan B., Kay D., Branigan C., Newman. Air Quality and Road Transport Impacts and solutions. – Copyright Royal Automobile Club Foundation for Motoring Ltd. Pall Mall. – № 1002705. – London, SW1Y 5HS.
3. Lozhkina O., Lozhkin V., Ntziachristos L. Estimation and prediction of the effect of alternative engine technologies and policy measures on the air quality in St. Petersburg in 2010–2030. – Architecture and Engineering. – 2018. – Vol. 3. – № 4. – P. 31–35.
4. Lozhkina O. Lozhkin V. Estimation of road transport related air pollution in Saint Petersburg using European

and Russian calculation models / Journal Contents lists available at ScienceDirect. – Transportation Research. – Part D. – 2015. – № 36. – P. 178–180.

5. Chukwunonye Ezeah, Keiron Finney, Chukwunonso Nnajide. A Critical Review Of The Effectiveness Of Low Emission Zones (LEZ). As A Strategy For The Management Of Air Quality In Major European Cities. – Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST). – 2015. – Vol. 2. – Is. 7.
6. Экологический портал Санкт-Петербурга. – URL: <http://www.infoeco.ru/>.
7. Ложкина, О. В. Контроль и прогнозирование эффективности управления чрезвычайным воздействием транспорта на городскую среду и население / О. В. Ложкина, В. Н. Ложкин. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2020. – 220 с.
8. Kosovets M., Lozhkin V., Lozhkina O. Engineering Method for Calculating Changes in the Structure and Intensity of Traffic Flow. – IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 666. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/666/5/052043> (дата обращения: 20.11.2021).
9. Васильев, А. Н. Нейросетевое моделирование. Принципы. Алгоритмы. Приложения / А. Н. Васильев, Д. А. Тархов. – Санкт-Петербург : Издательский дом СПбГУ, 2009. – 528 с.
10. Genikhovich E., Gracheva I., Onikul R., Filatova E. Air pollution modeling at urban scale – Russian experience and problems. – Water, Air & Soil Pollution. – 2002. – F. 2 (5–6). – P. 501–512.
11. Ложкин, В. Н. Инновационные технологии для зеленой экономики Арктики в сферах малой энергетики транспорта // Технико-технологические проблемы сервиса. – 2021. – № 2 (56). – С. 30–33.
12. Ложкин, В. Н. Обоснование ожидаемой экологической эффективности оригинального устройства «аккумулятор тепла фазового перехода + каталитический нейтрализатор» для дизельных городских автобусов // 9-е Луканинские чтения. Проблемы и перспективы развития автотранспортного комплекса. – Москва, 2021. – С. 535–544.

Методика экономических изысканий на автомобильных дорогах общего пользования



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



С. В. Цибро,
первый заместитель гене-
рального директора —
руководитель департамен-
та социально-экономиче-
ских исследований
ООО «НИПИ ТРТИ»



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

В статье рассматривается система требований, предъявляемых к экономическим изысканиям в сфере дорожного строительства, с учетом положений, закрепленных нормативно-техническими документами, а также с учетом подходов, применяемых к изысканиям проектными организациями.

Экономические изыскания направлены на сбор и обобщение данных, необходимых для прогноза интенсивности и состава движения по проектируемому объекту, и являются неотъемлемой частью процесса проектирования объектов транспортной инфраструктуры.

При этом поверхностное проведение экономических изысканий может привести к ошибкам в прогнозировании нагрузки на автомобильные дороги и искусственные сооружения, что, в свою очередь, повлечет создание объектов автодорожной инфраструктуры с пропускной способностью, не соответствующей реальному транспортному спросу.

Таким образом, весьма актуальным является вопрос разработки требований, которые позволят определить единый подход к проведению изысканий при проектировании объектов автодорожной инфраструктуры, учесть современную специфику по сбору, обработке, систематизации и анализу транспортных и социально-экономических исходных данных, гармонизировать требования с учетом положений, закрепленных законодательством и не противоречащими ему нормативно-техническими документами.

Нормативная база для экономических изысканий

Согласно ГОСТ 33100–2014 [1] экономические изыскания могут проводиться на этапе разработки предпроектной и проектной документации. Выбор направления трассы необходимо совершать на основе конкурирующих вариантов, сравнение которых производится по следующим показателям:

- приведенные затраты;
- стоимость строительства;
- транспортно-эксплуатационные расходы;
- уровень удобств и безопасность движения;
- степень загрязнения окружающей среды.

В соответствии с ГОСТ 32836–2014 [2] изыскания для подготовки предпроектной документации включают экономические и инженерные изыскания (ИИ) для документов по планировке территории под размещение автомобильной дороги. На этапе подготовки сначала должны выполняться экономические изыскания, а затем одновременно в комплексе все виды ИИ.

При этом непосредственных требований к экономическим изысканиям в документе нет. В нем лишь указывается, что материалы изысканий для предпроектной документации должны обеспечить выполнение экономической оценки эффективности строительства автомобильной дороги, анализ сравниваемых вариантов (конкуренстных направлений) строительства и размещения проектируемой автомобильной дороги в полосе варьирования трассы на основе комплексной экономической оценки. Экономические изыскания следует проводить в объемах, обеспечивающих выбор класса, категории автомобильной дороги, геометрических параметров и конструкции транспортных пересечений.

Основной документ, регламентирующий объем и состав работ по экономическим изысканиям — ВСН 42–87, [3] — утратил силу с 8 апреля 2021 г. В соответствии с ним цель экономических изысканий — получить данные и обосновать оптимальный

Таблица 1. Статические и динамические показатели социально-экономического положения

Статические показатели	Динамические показатели
Район экономических изысканий	
<ul style="list-style-type: none"> — экономико-географическое положение, характеристика планировочной структуры; — исследование уровня развития экономики, размещения крупнейших предприятий добывающей и обрабатывающей промышленности, сельского хозяйства, расположения транспортных узлов, размещения особых экономических зон и территорий опережающего социально-экономического развития; — исследование уровня развития индустрии туризма и рекреации (памятники истории и архитектуры, предприятия размещения и их емкость, число туристов, российских и иностранных, туристические маршруты и др.). 	<ul style="list-style-type: none"> — динамика демографического развития и расселения населения (численность, рождаемость, смертность, естественный и миграционный прирост / убыль); — динамика трудовых ресурсов; — динамика ВРП и изменения его структуры; — объем промышленного и сельскохозяйственного производства и изменение их отраслевой структуры; — объем инвестиций в основной капитал; — объем выполняемых работ в отрасли «строительство», ввод в действие жилых домов; — сфера торговли и обслуживания; — уровень жизни населения (среднемесячная начисленная заработная плата, реальная заработная плата, реальные денежные доходы, уровень автомобилизации населения, обеспеченность населения жильем, ИПЦ).
Зона непосредственного тяготения	
<ul style="list-style-type: none"> — крупные и средние предприятия промышленности и сельского хозяйства, расположение действующих строительных площадок, места размещения и характеристики инвестиционных проектов; — расположение крупных предприятий сферы торговли и обслуживания, исследование инфраструктуры туризма; — исследование садоводческих товариществ; — исследование образовательных учреждений высшего и среднего специального образования; — перечень основных грузогенерирующих и грузопоглощающих объектов. 	<ul style="list-style-type: none"> — численность населения, в том числе занятого населения и студентов; — объем промышленного и сельскохозяйственного производства, жилищного строительства; — показатели оборота розничной торговли, общественного питания, объема платных услуг; — динамика объема инвестиций в основной капитал; — динамика показателей уровня жизни населения.

Таблица 2. Исследуемые характеристики по видам транспорта

Вид транспорта	Исследуемые характеристики
Воздушный транспорт	<ul style="list-style-type: none"> — анализ пропускной (провозной) способности аэропортов, аэровокзалов, аэродромов; — направления пассажирских и грузовых перевозок; — пассажиро- и грузооборот.
Железнодорожный транспорт	<ul style="list-style-type: none"> — характеристика протяженности, пропускной (провозной) способности отдельных железнодорожных линий; — анализ станций и узлов с оценкой их грузооборота.
Водный транспорт	<ul style="list-style-type: none"> — характеристика протяженности судоходных участков, сроков навигации; — размещение портов, пристаней и их грузооборот; — оценка взаимодействия водного транспорта с автомобильным.
Автомобильные дороги	<ul style="list-style-type: none"> — характеристика дорожно-транспортной инфраструктуры, в том числе функциональных характеристик, технических категорий и параметров автомобильных дорог (количество и ширина полос движения); — режимы движения, особенности организации дорожного движения, наличие движения различных видов транспорта, ограничения для движения транспорта.

вариант направления отдельных дорог, выбрать трассы дорог и местоположение мостовых переходов, а также обосновать ключевые проектные решения, расчетную стоимость строительства или реконструкции, очередность и народно-хозяйственную эффективность капитальных вложений.

Таким образом, на основании изучения нормативных документов можно сформулировать цель экономических изысканий: обоснование основных проектных решений объекта строительства или реконструкции, установление его социально-экономической целесообразности, а также социально-экономиче-

ское обоснование вариантов трассировки и последовательности строительства или реконструкции отдельных автомобильных дорог общего пользования и искусственных сооружений на них.

На основании постановки цели формируются задачи экономических изысканий:

Таблица 3. Основные прогнозируемые показатели социально-экономического развития

Район экономических изысканий	Зона непосредственного тяготения
<p>Динамика:</p> <ul style="list-style-type: none"> • численности населения, в том числе занятого; • реального валового регионального продукта, объема промышленного и сельскохозяйственного производства, динамика отдельных отраслей обрабатывающей и добывающей промышленности; • инвестиций в основной капитал, производства по виду деятельности «Строительство»; • оборота розничной торговли; • реальных денежных доходов населения, обеспеченности его жильем, уровня автомобилизации; • индекса потребительских цен. 	<ul style="list-style-type: none"> • динамика численности населения, в том числе занятых, учащихся высших и средних специальных учебных заведений; • количество и размещение рабочих мест, в том числе отдельно – по наиболее развитым в зоне непосредственного тяготения отраслям, оказывающим влияние на объем грузовых перевозок; • количество и размещение мест учебы в высших и средних специальных учебных заведениях; • для оценки прогнозных объемов передвижений с культурно-бытовыми целями рекомендуется выполнить прогноз объемов / мощности / числа мест притяжения по объектам культурно-бытовых передвижений; • уровень автомобилизации; • транспортная подвижность населения; • прогноз развития основных грузогенерирующих и грузопоглощающих объектов.

- сбор, обработка, систематизация и анализ исходных данных;
- прогноз интенсивности движения на объекте строительства или реконструкции;
- выбор варианта трассы или варианта очередности строительства или реконструкции;
- расчет общественной (социально-экономической) эффективности создания объекта строительства или реконструкции в целом.

Экономические изыскания следует проводить в объемах, необходимых и достаточных для выбора технической категории и технических параметров (количество полос движения, элементы плана, продольного и поперечного профилей) объекта строительства или реконструкции, выбора конструкции дорожных одежд, определения количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух потоками автотранспортных средств, а также разработки мероприятий по защите прилегающих территорий, зданий и сооружений от неблагоприятного воздействия транспортного шума.

Экономические изыскания следует проводить в объемах, обеспечивающих оценку целесообразности создания объекта строительства или реконструкции, анализ сравниваемых вариантов (конкурентных направлений) его размещения в полосе варьирования трассы на основе конкурирующих вариантов по показателям, приведенным в ГОСТ 33100–2014.

В качестве одного из критериев при выборе варианта трассы рассматривается предварительная оценка стоимости строительства автомобильной дороги. При этом более точная оценка на прединвестиционном этапе позволит избежать разногласий на этапе согласования сводного сметного расчета стоимости строительства по принятым проектным решениям [4].

В [5] отмечается, что своевременная информация, в том числе по стоимости строительства звеньев сети, должна быть получена в результате предпроектных изысканий. На проектной стадии отказать от реализации неудачного, но включенного в схемы мероприятия будет уже довольно сложно.

Таким образом, рекомендуется проводить экономические изыскания на этапе подготовки предпроектной документации. При отсутствии или неактуальности предпроектной документации экономические изыскания должны быть выполнены на этапе подготовки проектной документации.

Основные этапы проведения экономических изысканий

Действующие в настоящее время нормативно-технические документы не являются специализированными в отношении экономических изысканий и содержат отсылки к устаревшим положениям ВСН 42–87. Однако указанный документ был составлен в условиях плановой экономики и предполагал сбор ин-

формации такого состава и детальности, которые в текущих рыночных условиях недостижимы. Кроме того, действующими документами не учитываются используемые в практической деятельности новые источники информации и способы их обработки, наличие информационных систем прогнозирования интенсивности дорожного движения.

Исходя из этого, рекомендуется разработка новой системы проведения экономических изысканий, включающей использование источников информации, обработку, систематизацию и анализ полученных исходных данных с учетом современных технологий сбора и обработки информации, применение функционала действующих информационных систем прогнозирования интенсивности дорожного движения, а также принимающей во внимание возможные ограничения по доступности отдельных сведений, необходимых для экономического анализа.

В рамках формирования методических подходов к выполнению экономических изысканий целесообразно выделить восемь этапов, включая сбор информации, а также прогнозирование на перспективные сроки.

1. Определение района экономических изысканий и зоны непосредственного тяготения. Специфика возможностей сбора релевантной статистики в современных условиях обуславливает необходимость отдельного изучения района экономических изысканий и зоны непосредственного тяготения.

В состав района изысканий рекомендуется включать субъекты Российской Федерации, на территории которых расположен объект. При этом в соответствии со спецификой сбора статистической отчетности существует возможность сбора большего массива данных, а тенденции, полученные при их анализе, могут быть использованы для оценки зоны непосредственного тяготения.

В качестве зоны непосредственного тяготения рекомендуется рассматривать территорию, примыкающую к объекту строительства, на которой располагаются населенные пункты и хозяйствующие субъекты, транспортные связи которых будут обслуживаться с использованием рассматриваемого объекта. Зона непосредственного тяготения, как правило, ограничивается крупными естественными рубежами или ближайшими автомобильными дорогами той же или более высокой категории, имеющими такое же или более

Таблица 4. Основные параметры, получаемые в результате проведения экономических изысканий

Цель	Требуемые параметры	Срок прогнозирования
Назначение технических категорий дорог	ССИД в физических и приведенных к легковому автомобилю единицах в соответствии с СП 34.13330.2021 [13]	Год ввода в эксплуатацию; 20 лет с ввода в эксплуатацию в соответствии с СП 34.13330.2021
Проектирование дорожных одежд	ССИД в физических единицах с разбивкой по составу транспортных средств в соответствии с ПНСТ 541–2021 [14]	Год ввода в эксплуатацию; межремонтный срок проведения работ по капитальному ремонту в соответствии с ГОСТ Р 58861–2020 [15]
Определение количества выбросов загрязняющих веществ	Интенсивность движения в физических единицах с разбивкой по составу транспортных средств для часа пик в соответствии с ГОСТ Р 56162–2019 [16]	Год ввода в эксплуатацию в соответствии с ГОСТ Р 56162–2019; 20 лет с ввода в эксплуатацию
Разработка мероприятий по защите прилегающих территорий, зданий и сооружений от неблагоприятного воздействия транспортного шума	Интенсивность движения в физических единицах с разбивкой по составу транспортных средств для дневного и ночного часов пик; средняя скорость движения транспортного потока; суммарная доля грузовых автомобилей и автобусов в потоке в соответствии с СП 276.1325800.2016 [17]	Год ввода в эксплуатацию; 20 лет с ввода в эксплуатацию

важное административное и хозяйственное значение.

2. Сбор и анализ статических и динамических показателей, характеризующих социально-экономическое положение района и зоны непосредственного тяготения. При разработке социально-экономической характеристики рекомендуется выполнять сбор и анализ статических (за отчетный год) и динамических (не менее чем за 5-летний период) показателей.

Основная задача сбора данных — получить сведения, характеризующие спрос на поездки легковым и грузовым транспортом. Для данных целей анализируются демографические показатели, показатели занятости населения, а также развитие промышленности, сельского хозяйства, торговли, услуг, туризма и т. д., размещение основных точек генерации и поглощения грузовых корреспонденций и перемещения населения с трудовыми, учебными, культурно-бытовыми целями. Результатом анализа социально-экономического положения зоны непосредственного тяготения должны являться показатели, которые принимаются за основу для прогнозирования ее развития на перспективные сроки.

В табл. 1 представлены основные статические и динамические показатели для изучения.

3. Транспортная характеристика, включающая анализ всех видов транспорта в зоне непосредственного тяготения, их взаимодействие, размещение

и специализацию (табл. 2). Транспортная характеристика зоны тяготения рассматриваемого объекта строительства или реконструкции должна включать в себя анализ всех видов транспорта (в том числе воздушный, железнодорожный, водный и автомобильный). Анализ должен раскрывать взаимодействие видов транспорта, их размещение и специализацию. Он проводится с целью обоснования транспортных связей рассматриваемой территории и прогнозирования интенсивности перевозок.

4. Сбор ретроспективных данных о фактической интенсивности движения. Разработанная транспортная модель для прогнозирования интенсивности должна отражать реальную транспортную ситуацию на текущий период. Для этого необходимо проведение работ по валидации расчетных значений и калибровке полученных данных об интенсивности движения автотранспорта с данными о фактической интенсивности движения.

Источниками получения данных о фактической интенсивности движения и составе транспортных потоков являются ретроспективные данные, получаемые следующими способами:

- по данным автоматизированных пунктов учета интенсивности движения (АПУИД);
- по данным стационарных комплексов фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения;

- по результатам замеров на контрольных пунктах учета интенсивности движения, проводимых балансодержателями автомобильных дорог;

- по данным обследований интенсивности движения, проведенных ранее в рамках выполнения различных проектных и научно-исследовательских работ в области развития дорожно-транспортной инфраструктуры, при условии, что они проводились не ранее чем за 1 год до начала проведения экономических изысканий.

Методом получения ретроспективных данных о фактической интенсивности движения является формирование официальных запросов в соответствующие органы исполнительной власти и ведомственные организации федерального, регионального и местного уровней. При наличии ретроспективных данных о фактической интенсивности движения в органах исполнительной власти и ведомственных организациях их использование обязательно.

5. Натурные обследования интенсивности движения. В случае отсутствия, неполноты или нерепрезентативности полученных сведений об интенсивности дорожного движения и составе потока транспортных средств необходимо проведение обследования, выполняемого в соответствии с требованиями ГОСТ 32965–2014 [6]. По продолжительности обследования разделяются на длительные (сутки и более) и кратковременные (4–12 часов непрерывно).

Рекомендуется проведение длительных обследований интенсивности движения для получения коэффициентов неравномерности, используемых при расчете среднегодовой суточной интенсивности движения (ССИД), характерных для района проведения транспортно-экономических изысканий. Если это невозможно, для расчета ССИД должны использоваться коэффициенты неравномерности движения в соответствии с ГОСТ 32965–2014. Для проведения длительных обследований применяются специальные технические средства (детекторы автоматизированного учета, регистрирующие устройства видеофиксации). Обработка полученных данных о фактической интенсивности движения должна производиться в соответствии с ГОСТ 32965–2014. Данные натурных обследований интенсивности движения также должны быть приведены к видам представления и составу транспортного потока, требуемым в рамках прогнозирования интенсивности движения.

6. Анализ транспортной подвижности населения на основе данных социологического опроса. Большую роль при проверке соответствия модели реальной ситуации имеют направления основных транспортных потоков. Данные об особенностях транспортного поведения получают на основании проведенных социологических опросов. Также проводится социологический опрос водителей транспортных средств для определения планируемого уровня тарифов за проезд и соответствующей ему интенсивности движения при платном проезде.

Метод социологического опроса — личный, телефонный или интернет-опрос. При этом разрабатывается анкета. Генеральной совокупностью являются все потенциальные водители транспортных средств объекта строительства или реконструкции.

При определении структуры выборочной совокупности для опроса водителей транспортных средств должна быть обеспечена репрезентативность генеральной совокупности по структуре ожидаемого транспортного потока на объекте строительства. В случае отсутствия такой информации допускается ориентироваться на структуру существующей интенсивности движения на автомобильных дорогах аналогичного класса или категории в районе экономических изысканий.

При планировании использования дороги на платной основе в анкете

должны присутствовать вопросы, ответы на которые позволяют однозначно выделить долю респондентов, готовых использовать объект. Также должны быть вопросы, ответы на которые позволяют однозначно выявить эластичность спроса по тарифу в разрезе категорий транспортных средств.

7. Прогнозирование показателей социально-экономического развития района экономических изысканий и зоны непосредственного тяготения на все периоды прогнозирования интенсивности движения (табл. 3). Основная задача — определение вероятных масштабов транспортной работы и загрузки дорожной сети грузовыми и пассажирскими перевозками, оценка уровня интенсивности движения в пределах горизонта прогнозирования.

Прогноз для района экономических изысканий выполняется не менее чем для двух сценариев в соответствии с вариантами, предусмотренными программными и стратегическими документами социально-экономического развития района. Необходимо оценить основные тенденции демографии, занятости, развития отраслей экономики, что позволяет с большей достоверностью выполнить прогноз по зоне непосредственного тяготения.

Исходя из прогноза темпов социально-экономического развития района экономических изысканий разрабатывается более детальный сценарий развития зоны непосредственного тяготения с учетом ее специфических особенностей, ресурсного потенциала и приоритетов развития отраслей хозяйственного комплекса, а также программ социально-экономического развития отдельных районов и городов. При этом учитываются перспективы расширения и развития отдельных предприятий и проекты создания новых.

8. Прогнозирование интенсивности движения в соответствии с требованиями к срокам прогнозирования и составу показателей на основе анализа социально-экономического (и, в частности, транспортного) развития зоны непосредственного тяготения, в случае необходимости — результатов социологического опроса. При платном проезде в результате расчета интенсивности движения должно быть представлено обоснование выбранного тарифа или тарифов.

Методы прогнозирования интенсивности движения на автомобильных дорогах включают:

- по методике, изложенной в Руководстве по прогнозированию интенсивности движения на автомобильных дорогах [7];

- с использованием специализированных программных продуктов, предназначенных для построения транспортных моделей и расчетов интенсивности движения транспортных потоков — например, таких, как VISUM (PTV Vision, Германия), AIMSUN (TSS, Испания), SATURN (Университет Лидса, Великобритания) и пр.

Прогноз интенсивности движения рекомендуется выполнять с использованием специализированных программных продуктов, предназначенных для построения транспортных моделей и расчетов интенсивности движения транспортных потоков. Также допускается построение транспортных моделей и проведение расчетов без специализированного программного продукта с описанием и обоснованием используемых допущений, подходов и формул для расчета интенсивности движения.

При любом методе прогнозирования интенсивности движения необходимо проведение работ по валидации расчетных значений и калибровке полученных расчетным способом данных об интенсивности движения транспортных потоков в сравнении с натурными данными на текущее положение. Точность получаемых расчетных значений должна оцениваться как минимум по двум параметрам: средней относительной ошибке транспортных потоков и коэффициенту корреляции транспортных потоков [8–10]. Допустимыми значениями точности получаемых расчетных значений являются:

- средняя относительная ошибка транспортных потоков — не более 20 %;
- коэффициент корреляции транспортных потоков — не ниже 0,85.

Дополнительно рекомендуется проводить оценку точности расчетных значений с использованием GEN-статистики.

$$GEN = \sqrt{\frac{2(M-C)^2}{M+C}}, \quad (1)$$

где M — значение, полученное из транспортной модели;

C — наблюдаемое значение.

Основываясь на зарубежном опыте, модель может считаться откалиброванной, если для более 85 % точек учета фактической интенсивности движения показатель GEN не превышает значение 5 [11,12].

Определение требований к объему и структуре данных, получаемых при проведении экономических изысканий

Результаты прогнозирования интенсивности движения должны содержать показатели, отражающие размер и состав транспортных потоков по участкам автодороги, транспортным развязкам и их отдельным элементам в границах проектирования, в том числе:

- для определения технической категории и параметров автомобильной дороги (количества полос движения, элементов плана, продольного и поперечного профилей);
- для определения конструкции дорожных одежд (конструирование и расчет);
- для определения количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух потоками автотранспортных средств;
- для разработки мероприятий по защите прилегающих территорий, зданий и сооружений от неблагоприятного воздействия транспортного шума.

Прогнозирование интенсивности движения должно выполняться на год ввода объекта строительства или реконструкции в эксплуатацию, а также на периоды прогнозирования в соответствии с регламентирующими документами (табл. 4).

Таким образом, в результате проделанной работы сделаны выводы о цели и задачах экономических изысканий, об объемах выполняемых работ. В работе приведены основные этапы изысканий, требования к собираемым данным, определены сроки прогнозирования и основные показатели, прогноз которых является результатом проведенных экономических изысканий. ■

Литература

- ГОСТ 33100–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог : принят межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации по переписке протоколом от 14 ноября 2014 г. № 72-П. – Текст : электронный // Справочная нормативная система NormaCS (дата обращения: 29.09.2021).
- ГОСТ 32836–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Изыскания автомобильных дорог. Общие требования : принят межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации протоколом от 25 июня 2014 г. № 45. – Текст : электронный // Справочная нормативная система NormaCS (дата обращения: 29.09.2021).
- ВН 42–87. Инструкция по проведению экономических изысканий для проектирования автомобильных дорог : утверждены Минтрансстроем СССР 10 июля 1987 г., № 271-р. – Текст : электронный // Справочная нормативная система NormaCS (дата обращения: 29.09.2021).
- Боброва, Т. В. Концептуальная логико-информационная модель инженерно-экономических изысканий для проектирования автомобильной дороги / Т. В. Боброва, М. С. Перфильев, О. А. Соловьева // Вестник СибАДИ. – 2012. – № 1 (23). – С. 31–35.
- Бушанский, С. П. Предпроектные изыскания и обоснованность инвестиций в дорожную сеть // Управленец. – 2017. – № 1. – С. 46–53.
- ГОСТ 32965–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока : принят межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации по переписке протоколом от 20 октября 2014 г. № 71-П. – Текст : электронный // Справочная нормативная система NormaCS (дата обращения: 29.09.2021).
- Руководство по прогнозированию интенсивности движения на автомобильных дорогах : утверждено распоряжением Минтранса России от 19 июня 2003 № ОС-555-р. – Текст : электронный // Справочная нормативная система NormaCS (дата обращения: 29.09.2021).
- Якимов, М. Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов : монография. – Москва : Логос, 2013. – 188 с.
- Горев, А. Э. Основы транспортного моделирования: Практическое пособие / А. Э. Горев, К. Беттгер, А. В. Прохоров [и др.]. – Санкт-Петербург : ООО «Издательско-полиграфическая компания „КОСТА“», 2015. – 168 с.
- Esawey, M. El Sayed, T. Calibration and validation of micro-simulation models of medium-size networks // Advances in Transportation Studies. – 2011. – Section B24. – P. 57–76.
- Transport Analysis Guidance UNIT M3.1 Highway Assignment Modelling. – URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/938864/tag-m3-1-highway-assignment-modelling.pdf (дата обращения: 29.09.2021).
- Ruiz de Villaa A., Casasa J., Brenea M., Perarnau J. Static OD estimation minimizing the relative error and the GEN index // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2014. Vol. 111. – P. 810–818.
- СП 34.13330.2021. СНиП 2.05.02–85. Автомобильные дороги : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 9 февраля 2021 года № 53/пр. – Текст : электронный // Справочная нормативная система NormaCS (дата обращения: 29.09.2021).
- ПНСТ 541–2021. Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование дорожных одежд. Методика расчета коэффициентов приведения транспортных средств к расчетной осевой нагрузке : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 апреля 2021 г. № 31-пнст. – Текст : электронный // Справочная нормативная система NormaCS (дата обращения: 29.09.2021).
- ГОСТ Р 58861–2020 Дороги автомобильные общего пользования. Капитальный ремонт и ремонт. Планирование межремонтных сроков, утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 228-ст от 26.05.2020 – URL: справочная нормативная система NormaCS (дата обращения 29.09.2021).
- ГОСТ Р 56162–2019. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу потоками автотранспортных средств на автомобильных дорогах разной категории : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 сентября 2019 г. №694-ст. – Текст : электронный // Справочная нормативная система NormaCS (дата обращения: 29.09.2021).
- СП 276.1325800.2016. Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 3 декабря 2016 года № 893/пр. – Текст : электронный // Справочная нормативная система NormaCS (дата обращения: 29.09.2021).

Экономический аспект использования и развития транспортной инфраструктуры в городских агломерациях



А. Д. Разуваев,
канд. экон. наук, доцент
кафедры «Экономика
транспортной инфра-
структуры и управление
строительным бизнесом»
ФГАОУ ВО «Российский
университет транспор-
та» (РУТ (МИИТ))



А. Ю. Ледней,
канд. экон. наук, старший
преподаватель кафедры
«Экономика транспорт-
ной инфраструктуры и
управление строительным
бизнесом» РУТ (МИИТ)



Р. А. Титов,
аспирант кафедры
«Экономика транспорт-
ной инфраструктуры и
управление строительным
бизнесом» РУТ (МИИТ)



Е. И. Белозерова,
ассистент кафедры
«Экономика транспорт-
ной инфраструктуры и
управление строительным
бизнесом» РУТ (МИИТ)

В статье представлена экономическая оценка развития и территориального планирования транспортной инфраструктуры в городских агломерациях. Проведенное исследование позволяет дополнить существующий методический инструментарий оценки экономической эффективности реализации инфраструктурных транспортных проектов.

Повышение деловой и трудовой активности населения в процессе урбанизации приводит к быстрому увеличению спроса на различные виды передвижения. Сложившаяся городская и пригородная транспортная инфраструктура не всегда в полной мере способна удовлетворить этот быстро растущий спрос. Отечественный и зарубежный опыт свидетельствует о повышающейся роли общественного транспорта в агломерациях. При этом, согласно исследованию, проведенному в работе [1], основой развития транспортной инфраструктуры в мегаполисах и крупных городских агломерациях является рельсовый транспорт.

С момента начала сооружения первых железных дорог рельсовый транспорт проявил свою конкурентоспособность в различных ипостасях [2, 3]. За счет значительных преимуществ перед другими видами наземного транспорта, таких как выделенный путь движения, точность расписания, всепогодность, экологичность, приоритет в уличном движении, вместительность и безопасность, он эффективен при различном агломерационном развитии и планировании и соответствующих моделях городского и агломерационного землепользования, даже несмотря на важную инфраструктурную особенность — жесткую территориальную привязанность [3, 4, 5].

Агломерационные модели землепользования

При планировании инфраструктурных объектов на территории формирующейся агломерации необходимо четко определить тенденции агломерационного землепользования, от варианта

развития которого зависит структура и функциональное состояние транспортной системы.

На сегодняшний день можно выделить следующие модели землепользования, а также сопоставить данные модели с возможными эффективными видами городского и агломерационного транспорта и соответствующей инфраструктуры (рис. 1).

При урбанизации и сверхурбанизации территорий рельсовый транспорт наиболее эффективен. При этом он из «капиллярного» транспортного сообщения переходит в «магистральное», концентрируясь на перевозках между населенными пунктами, формирующими пассажиропоток, а не внутри них.

Анализ пассажиропотока

В ходе агломерационного планирования транспорта решаются две задачи, основанные на динамических моделях анализа и прогнозирования пассажиропотока: сбор (доставка пассажира к общественному транспортному средству) и распределение (перемещение к пункту назначения) [6, 7].

При этом необходимо выделять и корректно учитывать поездки на работу и задействованных в них пассажиров, поскольку именно такие перемещения — основа спроса на общественный транспорт.

Сбор и распределение также участвуют в выборе оптимального количества остановочных пунктов и средней скорости движения. Дробление маршрута на множество остановок ощутимо снижает среднюю скорость движения транспорта, но улучшает параметры сбора и распре-

деления. Естественно, обратные тенденции формируются при увеличении расстояния между остановками.

Регулярная трудовая миграция и соответствующий спрос на общественный транспорт формируют пассажиропотоки в агломерации. Для формирования тенденций развития общественного транспорта на примере Московской агломерации воспользуемся сервисами «Исследования» от Яндекса.

Аналитические исследования [8] позволяют сделать следующие выводы:

- появляются новые и развиваются существующие маршрутные альтернативы [9]. К примеру, комбинации между метро, МЦК, МЦД, такси, каршерингом и наземным транспортом;

- по совершаемым маршрутам среди наземного общественного транспорта лидирует автобус, а общее количество общественного транспорта на маршрутах измеряется несколькими тысячами транспортных единиц (рис. 2) [10];

- пик транспортной нагрузки в Московской агломерации в будни формируется с 7 до 9 часов и с 17 до 19 часов [10];

- в выходные дни обслуживание маршрутов может быть сокращено на четверть, а также отсутствуют выраженные часы пик (рис. 2) [10];

- расстояние для рабочих поездок на автомобиле в Москве варьируется от 5 до 20 км, а среднее время в пути может достигать до 1 часа [11];

- все районы можно разделить на три типа: рабочие, жилые и смешанные [11];

- из многих районов Москвы в центр проще и быстрее добраться на общественном транспорте, тогда как в остальных районах предпочтительнее автомобиль [12];

- возрастает роль каршеринга, особенно в выходные дни (рис. 3). Увеличивается парк машин, повышается оборачиваемость автомобилей (тем самым снижается нагрузка на парковочные места). А основные места назначения поездки — транспортно-пересадочные узлы [9];

- ситуация с пробками на дорогах коренным образом не меняется [13]. Проявляется социально-экономический эффект — с увеличением числа полос, сооружением объездов и строительством новых магистралей, пропорционально увеличивается количество автомобилей на дорогах.

Таким образом, при значительных процессах урбанизации общественный, в частности рельсовый, транспорт играет все более важную роль, нежели личный

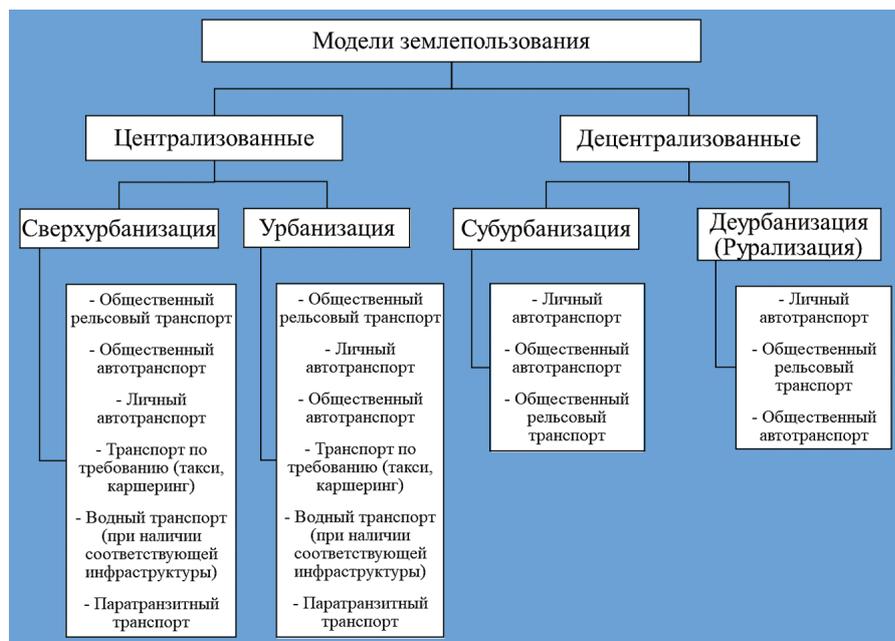


Рис. 1. Наличие и распределение видов транспорта по агломерационным моделям землепользования*
* — составлено авторами.



Рис. 2. Число автобусов, троллейбусов и трамваев на улицах города в соответствующий час дня [10]

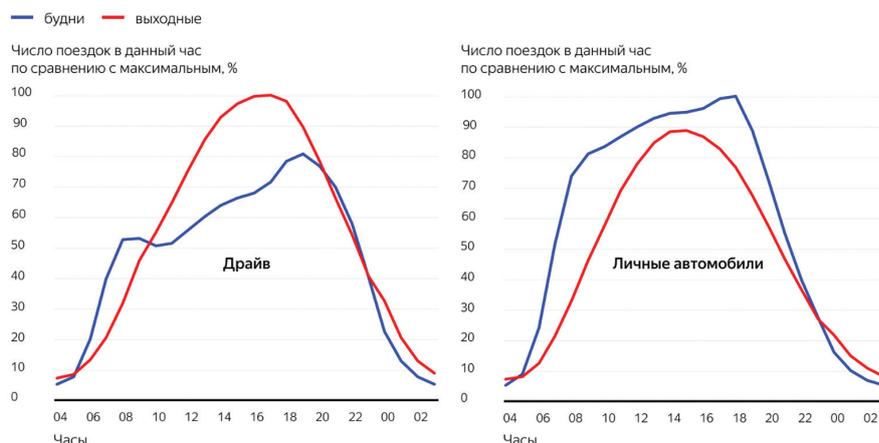


Рис. 3. Активность каршеринга «Яндекс.Драйв» и личного автомобиля по рабочим и выходным дням [9]

автотранспорт. При этом он способен обеспечивать ритмичный темп сбора и распределения пассажиропотока на разном расстоянии — от «капиллярных»

маршрутов до среднедальних дистанций. Эффективность рельсового транспорта подтверждается количеством создаваемых в Московской агломерации

Таблица 1. Годовая стоимость владения личным автомобилем, руб./год*

№	Модель автомобиля	LADA Granta (бензин, 1,6 (98 л. с.), АТ)	Kia Rio (бензин, 1,6 (123 л. с.), АТ)	Hyundai Solaris (бензин, 1,6 (123 л. с.), АТ)
1	Стоимость приобретения, руб.	599 976	908 784	882 716
2	Снижение стоимости за год (на основании данных сервисов продаж подержанных автомобилей)	71 585	108 246	100 891
3	Стоимость топлива** (на основе усредненных тарифов крупных топливных компаний)	18 720	17 160	17 160
4	Техническое обслуживание (по данным официальных дилеров)	6 500	10 035	14 067
5	Транспортный налог	1 176	3 075	3 075
6	Страхование	ОСАГО (на основании официальных коэффициентов)	10 165	12 938
		КАСКО (на основе усредненных тарифов крупных страховых компаний)	26 284	59 805
7	Парковка (по данным «Яндекс.Карт»)	2 000	2 000	2 000
8	Шиномонтаж (по данным «Яндекс.Справочника»)	3 380	4 120	4 120
9	Мойка (по данным «Яндекс.Справочника»)	7 920	7 920	7 920
10	Расходные материалы	1 667	1 667	1 667
ИТОГО (без учета стоимости приобретения)		149 397	226 966	228 438

* — составлено авторами по данным «Яндекс. Калькулятор стоимости владения личным автомобилем» на октябрь 2021 года (<https://yandex.ru/lab/calculator-auto/>)

** — с учетом протяженности маршрута, равной 10 км, и частоты поездок 5 раз в неделю «туда-обратно»

соответствующих инфраструктурных объектов.

Личный и общественный транспорт

За счет большей адаптивности и возможности удовлетворить практически любые транспортные запросы индивида личный транспорт заметно опережает общественный, при этом полностью проигрывая в финансовом вопросе для конечного пользователя. Приобретение

автомобиля, затраты на топливо, сервисное обслуживание и многое другое — издержки, напрямую покрываемые владельцем (пользователем) транспортного средства [6]. Тогда как в общественном транспорте оплата проезда — практически единственные издержки, относимые к пользователям транспортных услуг.

По аналогии с работой [1] проведем сопоставление ряда моделей личного автотранспорта по различным параме-

трам, имеющим соответствующие издержки (табл. 1), а также проанализируем возможные варианты стоимости проезда по карте «Тройка» на общественном транспорте (табл. 2).

Как следует из табл. 1, наиболее популярные в нашей стране модели автомобилей требуют значительных годовых затрат на содержание и эксплуатацию. Ежедневное использование автомобиля для поездок на работу является негативным фактором как для крупной городской централизованной агломерации, так и для самого пользователя транспортного средства.

Переменное использование в течение недели личного и общественного транспорта при определенных агломерационных условиях будет более эффективно для городской агломерации и пользователя транспортной услуги, при этом также будет достигаться значительная экономия топливных ресурсов.

Затраты компаний общественного рельсового и автотранспорта сильно превосходят индивидуальные, тем не менее ввиду важности и повышенной значимости общественного транспорта для агломераций со-

Таблица 2. Варианты тарифа по карте «Тройка»*

Вид билета	Вид транспорта	Стоимость проезда, руб.		
		Норматив тарифа	В границах Москвы	МЦД + пригород
Без лимита поездок	Метро	1 сутки	240	295
		3 суток	455	565
	МЦК	30 дней	2245	2660
		90 дней	5430	6940
		365 дней	19 500	24 450
С лимитом поездок	Наземный транспорт	60 поездок	2070	-
«Кошелек»	МЦД	1 поездка	42	50
		90 минут	65	-
Прочие билеты	Наземный транспорт	ТАТ на 30 дней	1240	-

* — составлено авторами по данным на октябрь 2021 года

ответствующие расходы восполняются из бюджета, а издержки, относимые на счет пассажира, как правило, составляют только стоимость проезда (табл. 2).

Исходя из данных табл. 2 можно заключить, что годовое пользование общественным транспортом в границах города составляет максимум 19 500 руб. без учета стоимости пригородного сообщения и транспорта по требованию (такси, каршеринг).

С другой стороны, не только сумма проезда на общественном транспорте является издержкой для пассажира, а также и доля налоговых платежей каждого в бюджетных отчислениях на транспорт. Отчуждение данной суммы от конкретного пользователя и его опосредованное влияние на развитие общественного транспорта во многом определяют высокий мировой уровень использования личного транспорта, издержки на который формируются по более понятной схеме и являются непосредственными для пользователя. К тому же затраты на общественный транспорт в отличие от личного не концентрированы, а распределены на транспортные компании с муниципальным и государственным участием.

Вид городского транспорта и соответствующая себестоимость предоставления услуг весьма чувствительны к размерам агломерации и формируемому пассажиропотоку. Автотранспорту легче подстроиться под изменения маршрута и объемы пассажиропотока, но при этом у него формируется высокая себестоимость предоставления транспортной услуги.

Рельсовый же транспорт имеет меньшую себестоимость в расчете на пассажиро-километр, но ограничен территориальной привязанностью и необходимостью значительного количества пассажиров на маршруте. Это же, в свою очередь, оправдывает и его высокие первоначальные инвестиции [6, 14, 15, 16, 17].

В целом общественный транспорт имеет очень сдержанные темпы окупаемости при постоянно значительных затратах, что, как следствие, ведет к формированию отрицательного экономического эффекта. Как правило, пассажиропоток в пределах агломераций не подвержен ощутимым колебаниям. В связи с этим снижение тарифа за проезд вряд ли привлечет значительное количество новых пассажиров, но зато скажется на чистом доходе перевозчика.

Равно как и увеличение тарифа до уровня самоокупаемости не решит проблему, а наоборот, обернется потерей спроса и невозможностью для потенциальных пассажиров оплачивать проезд. Именно по этим и ряду других причин общественный транспорт практически во всех странах мира существует за счет субсидий и финансового участия государства в его долгосрочном планировании [1, 6, 7, 18].

Интересен и тот факт, что «субсидирование общественного транспорта идет на пользу и тем людям, которые никогда им не пользуются, потому что снижает загруженность дорог, а значит — время поездки по городу» [6, с. 218].

В итоге владение личным транспортным средством для индивида — это обширные возможности при перемещении, но тяжелое финансовое бремя. Развитие и поддержание в надлежащем состоянии общественного транспорта — это удовлетворение потребности в перемещении и трудовой миграции для всего общества, но и аналогично — значительные финансовые затраты для государственного бюджета.

Таблица 3. Поэтапный процесс агломерационного планирования транспортной инфраструктуры*

№	Этап	Описание	Исходные данные	Результирующий показатель
1	Оценка количества поездок	Оценивается примерное количество поездок из одной точки независимо от места назначения	<ul style="list-style-type: none"> • доходы домохозяйств • количество человек в домохозяйстве • количество транспортных средств в домохозяйстве • плотность населения 	Количество поездок на одно домохозяйство
2	Оценка распределения поездок	Оценивается количество поездок между различными пунктами назначения	<ul style="list-style-type: none"> • количество домохозяйств • средний размер домохозяйств • количество транспортных средств в домохозяйстве • доходы домохозяйств • расстояние (в км) от исходной точки до пунктов назначения • площадь (м², км²) офисных, торговых и схожих помещений в пунктах назначения • гравитационная модель (модель Рейли) 	Количество поездок между исходной точкой и пунктами назначения с учетом распределения
3	Оценка распределения по видам транспорта	Прогноз и оценка распределения количества поездок по разным видам транспорта	<ul style="list-style-type: none"> • виды транспорта в агломерации (>1) • количество поездок из п.2 таблицы • критерии оценки транспортных средств (стоимость проезда и скорость поездки) • математическая модель распределения 	Количество поездок на каждом из рассматриваемых видов транспорта
4	Распределение по маршрутам	Прогнозирование распределения поездок по разным маршрутам между одними и теми же исходной и конечной точками	<ul style="list-style-type: none"> • количество поездок из п.2 таблицы • количество видов транспорта из п.3 таблицы • исследуемые агломерационные зоны • количество заданных маршрутов 	Количество поездок, распределенное между <i>n</i> -количеством маршрутов с учетом точек равновесия
5	Оценка субъективных предпочтений пассажиров	Прогнозирование распределения пассажиров по маршрутам	<ul style="list-style-type: none"> • средний доход • время в пути • дополнительный комфорт • количество маршрутов из п.4 таблицы • стоимость проезда 	Корректирующие коэффициенты влияния на основе субъективных оценок

* — составлено авторами в соответствии с источниками [6, 19].

Таблица 4. Расчетные параметры гравитационной модели

№	Маршрут поездки	Расстояние до пункта, км	Площадь помещений, тыс. м ²	Сила притяжения пункта назначения		Расчет числа поездок
				Расчет	Результат	
1	A–B	5	60	$\frac{60000}{5^2} + \frac{30000}{9^2} + \frac{10000}{7^2}$	0,807	1000 * 0,807 = 807
2	A–C	9	30	$\frac{30000}{9^2} + \frac{60000}{5^2} + \frac{10000}{7^2}$	0,124	1000 * 0,124 = 124
3	A–D	7	10	$\frac{10000}{7^2} + \frac{60000}{5^2} + \frac{30000}{9^2}$	0,069	1000 * 0,069 = 69

Моделирование транспорта городской агломерации

Согласно отечественному и зарубежному опыту [6, с. 214–232; 19] процесс планирования транспортной инфраструктуры в агломерациях основывается на приблизительной оценке передвижений. Создается модель поведения текущей транспортной системы, затем осуществляется прогноз будущей потребности в транспорте и выполняется оценка изменений в поведении участников процесса передвижения.

Для систематизации в сборе данных исследуемая агломерационная территория разбивается на соответствующие зоны (квадраты или прямоугольники; сложившиеся границы районов и естественные преграды — реки, каналы, дорожные насыпи и т. д.), а затем в каждой зоне осуществляется сбор необходимых демографических и экономических данных, влияющих на поездки — тип жилищных единиц, количество определенных профессий, доходы местного населения и др. При более простом подходе определяется количество нежилых зон и помещений для дальнейшего вычитания из общего значения [6, с. 221].

На основании собранных исходных данных возможно оценить транспортные альтернативы, поэтапно исследуя разные влияющие параметры (табл. 3).

Приведенные в табл. 3 этапы процесса планирования транспортной инфраструктуры в городских агломерациях общеприняты в мировой практике системного городского и территориального планирования. Однако далеко не все подобные модели учитывают субъективные оценки и предпочтения пассажиров, что, в свою очередь, является основой экономической деятельности человека [20, 21, 22, 23].

Поэтому в табл. 3 к традиционным этапам процесса планирования транс-

портной инфраструктуры предлагается этап «Оценка субъективных предпочтений пассажиров», учет которого качественно дополнит поэтапную модель планирования и будет содействовать максимальной адаптивности транспортной системы агломерации.

Далее остановимся подробнее на этапе № 2 из табл. 3 — «Оценка распределения поездок». Один из вариантов распределения поездок — это использование так называемой гравитационной модели для подсчета количества поездок между рассматриваемыми пунктами. Сила притяжения каждого пункта назначения к исходной точке пропорциональна площади помещений (административных, офисных, торговых и т. д.), в них находящихся, разделенной на квадрат расстояния между ними [6, с. 223; 24].

Следовательно, зная количество исходящих поездок, расстояние до пунктов назначения и их соответствующую площадь функциональных помещений, возможно определить количество поездок по каждому из направлений, т. е. выполнить их распределение. Для демонстрации действия модели зададимся исходными данными (рис. 4) и выполним соответствующие расчеты (табл. 4).

Как следует из табл. 4, распределение поездок по пунктам соответствует их площади и расстоянию от начальной точки, при этом, несмотря на то, что расстояние до пункта D ближе, чем до пункта C, трехкратное превосходство в предоставляемой площади притягивает к пункту C большее количество поездок. Если же расстояние до пункта D уменьшить, например, до 3 км, тогда уже менее 100 поездок будет совершаться в пункт C, в пункте B сохранится значительное число поездок — более 600, а в пункт D поездки увеличится в своем распределении до 286.

Безусловно, для удобства и системности рассмотрения вышеизложенных в табл. 3 этапов необходимо создание обобщающей модели как единого и целостного инструментария экономической оценки. Модель представляет открытую систему [25] с возможностью корректировки данных и их калибровки на каждом этапе. На основании поэтапного процесса агломерационного планирования возможно:

- задаваться необходимыми условиями при создании объектов транспортной инфраструктуры;
- планировать реконструкционные мероприятия улично-дорожной сети;
- планировать маршруты различных видов транспорта;
- прогнозировать рациональную модель застройки городских агломераций;
- определять и учитывать индивидуальные оценки пассажиров;
- оптимизировать потребление топливно-энергетических ресурсов и, как следствие, планировать уровень экологичности агломерации и многое другое.

Важно отметить, что результаты приведенной в табл. 3 модели на сегодняшний день значимо связаны с агломерационными моделями землепользования (рис. 1). В связи с этим экстраполяция полученных по модели данных, например, с учетом предполагаемой тенденции увеличения агломерации, не всегда отобразит корректный результат. А в случае смены тенденции — перехода к субурбанизации агломерации — необходим изначальный пересмотр входных данных, обновленный расчет по модели и соответствующие рекомендации и прогнозы.

Изложенное выше является одной из множества составляющих, необходимых для реализации инфраструктурных транспортных проектов в агломерациях. Результатом детальной аналитики

и всестороннего подхода к выбору определенного или нескольких сопоставимых вариантов может служить методический подход, основанный на учете соответствующих денежных затрат по составляющим проектам.

На сегодняшний день наиболее часто применяемым подобным подходом является метод анализа затрат и выгод (АЗВ; CBA — cost-benefit analysis), а также схожие методы: метод анализа затрат и частных эффектов (costeffectiveness analysis), многокритериальный анализ (multi-criteria analysis), анализ воздействия на экономику (economic impact analysis). [3, с. 152–164; 26, с. 55–72; 27, с. 70–71; 28; 29].

Безусловно, принять наиболее рациональное решение легче при рассмотрении всех формируемых проектом эффектов в денежном выражении, т. е. с учетом одной заданной единицы измерения. В свою очередь, несовершенство подхода заключается в сложности монетизации ряда формируемых эффектов.

Также инфраструктурные проекты в агломерациях в XXI веке за счет продолжающейся цифровой трансформации [30] участвуют в налаживании сетей и коммуникаций, которые образуют единое в мире информационное пространство, характеризуемое коннектографическим отображением инфраструктурных подсистем и их связанностью [7, 31].

Интермодальная транспортная инфраструктура агломераций

При современном планировании транспортной системы агломераций, в особенности инфраструктуры рельсового транспорта, необходимо задаваться условием бесшовности перемещения, основанном на экономической трактовке интермодальности перевозки / поездки.

Так, согласно работе [32, с. 19], «интермодальную перевозку следует рассматривать не с момента передачи груза экспедитору или занятия места в вагоне пассажиром, а с самого начала их перемещения. Вещь еще не стала грузом, а человек еще не стал пассажиром поезда, но они уже перемещаются в пространстве».

Следовательно, при перемещении человека по его маршруту из начальной точки в конечную мгновенно происходит взаимодействие с интермодальной системой. При этом, согласно отечественному и зарубежному опыту, подход

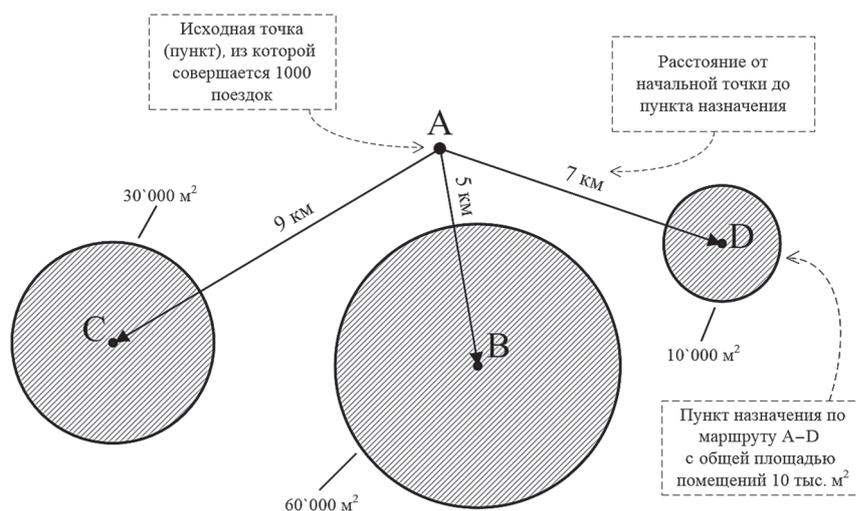


Рис. 4. Иллюстрация гравитационной модели при определении распределения поездок*

* — составлено авторами на основании источников [6, 24]

к интермодальности учитывает не только использование колесных и других транспортных средств, но также и пешее перемещение [32, 33].

Применительно к агломерационным моделям развития транспортных систем интермодальность означает интегрированный межвидовой синтез различных видов транспорта, типов подвижного состава, средств индивидуального перемещения в целостную систему взаимодействия, основанную на единстве инфраструктуры, подвижного состава, платежной системы и комплексе клиентского обслуживания.

Еще 10–15 лет назад в нашей стране не было подобных примеров агломерационного транспортного взаимодействия. Но уже сейчас (к сожалению, пока только в Москве) подобная интермодальная система существует и продолжает развиваться. Ярким примером этого является система именно рельсового транспорта Москвы — трамвай, метро, МЦК, МЦД и пригородное железнодорожное сообщение, — которая дополняется такси, каршерингом и сервисом аренды велосипедов и самокатов [18, 33]. К тому же практически все перечисленные виды имеют единую систему оплаты проезда через карту «Тройка» или бесконтактную оплату банковской картой и через телефон.

Возвращаясь к теоретическим основам интермодальной транспортной инфраструктуры в агломерациях, необходимо отметить важность подобного подхода для совершенствования методических и методологических основ оценки экономической эффективности инфраструктурных транспортных про-

ектов. С точки зрения экономической теории необходим полноценный охват максимального количества эффектов при оценке экономической эффективности. Это подтверждается рядом работ [26, 27, 29, 34] и концепцией подхода АЗВ (CBA), соответствующего полному учету формируемых проектом социально-экономических эффектов.

Следовательно, инструментарий оценки интермодальной транспортной инфраструктуры, включающий полноценный охват максимального спектра эффектов, относящихся к единому транспортному комплексу, может являться целесообразным дополнением к системе планирования транспорта агломерации.

В связи с этим важной экономической характеристикой, учитывающей формирование экономических эффектов при рассмотрении интермодальной транспортной инфраструктуры в агломерациях, будет являться интермодальная транспортная подвижность населения с учетом всех задействованных транспортных средств, определяемая как частное от количества поездок и численности агломерации с использованием конкретного вида транспорта, так и от пассажирооборота [35]:

$$N_i = \frac{\sum H}{\sum Ч},$$

где N_i — транспортная подвижность населения по конкретному (i -виду) транспорта, измеряемая количеством поездок на 1 жителя в год; $\sum H$ — количество пассажиров; $\sum Ч$ — численность населения в рассматриваемой области (город, агломерация, регион и др.).

$$\sum N_i = N_{ж/д} + N_{возд.} + N_{вн.вод.} + N_{морск.} + N_{л.а/м} + N_{трам.} + N_{авт.} + N_{такси} + N_{каршер.} + N_{метро} + N_{тролл.} + N_{электроб.} + N_{индив. т.с.} + N_{доп.}$$

где $\sum N_i$ — интермодальная транспортная подвижность населения, измеряемая количеством поездок на 1 жителя в год по всем видам транспорта; $N_{ж/д}$ — транспортная подвижность населения на железнодорожном транспорте (в зависимости от уровня территориального рассмотрения может включать внутригородские, пригородные, между-городные поездки);

$N_{возд.}$ — транспортная подвижность населения на воздушном транспорте;

$N_{вн.вод.}$ — транспортная подвижность населения на внутреннем водном транспорте;

$N_{морск.}$ — транспортная подвижность населения на морском транспорте;

$N_{л.а/м}$ — транспортная подвижность населения на личном автотранспорте;

$N_{трам.}$ — транспортная подвижность населения при поездках на трамвае;

$N_{авт.}$ — транспортная подвижность населения при поездках на автобусе;

$N_{такси}$ — транспортная подвижность населения при поездках на такси;

$N_{каршер.}$ — транспортная подвижность населения при использовании каршеринга;

$N_{метро}$ — транспортная подвижность населения при поездках в метрополитене;

$N_{тролл.}$ — транспортная подвижность населения при поездках на троллейбусе;

$N_{электроб.}$ — транспортная подвижность населения при поездках на электробусе;

$N_{индив. т.с.}$ — транспортная подвижность населения при использовании индивидуальных транспортных средств таких как самокат, велосипед и др.;

$N_{доп.}$ — транспортная подвижность населения при поездках, совершаемых на видах транспорта, имеющих локальное распространение (монорельс, скоростной трамвай, паратранзитный транспорт, социальное такси и др.).

$$NL_i = \frac{\sum HL}{\sum Ч},$$

где NL_i — транспортная подвижность населения с учетом дальности поездки по конкретному i -виду транспорта, измеряемая пассажирооборотом на 1 жителя в год;

$\sum NL$ — пассажирооборот.

$$\sum NL_i = NL_{ж/д} + NL_{возд.} + NL_{вн.вод.} + NL_{морск.} + NL_{л.а/м} + NL_{трам.} + NL_{авт.} + NL_{такси} + NL_{каршер.} + NL_{метро} + NL_{тролл.} + NL_{электроб.} + NL_{индив.т.с.} + NL_{доп.}$$

где $\sum NL_i$ — интермодальная транспортная подвижность населения, измеряемая пассажирооборотом в пассажиро-километрах, приходящимся на 1 жителя в год по всем видам транспорта;

$NL_{ж/д} \dots NL_{доп.}$ — транспортная подвижность населения на различных видах транспорта, аналогично приведенной выше формуле $\sum N_i$ с учетом дальности поездки.

При определении транспортной подвижности с учетом дальности поездки могут возникнуть сложности ввиду

того, что отследить личный транспорт гораздо сложнее, чем общественный, однако, в этом нет большой необходимости за счет возможности укрупнения данных. При этом в последнее время все больше растет привязка личного транспортного средства к универсальным системам оплаты проезда и приложениям аренды / проката, формирующим в свою очередь базы больших данных [36].

Интермодальность перевозки / поездки следует учитывать при планировании и развитии инфраструктуры агломераций, поскольку на основе современных средств сбора и анализа данных соответствующий подход сможет повысить экономическую эффективность инфраструктурных транспортных проектов за счет большей детализации, адаптивности и учета факторов, формирующих «спонтанный порядок» [37].

Агломерационное развитие территорий напрямую связано с развитием транспортной инфраструктуры и соответствующими клиентскими сервисами. В зависимости от модели землепользования различные виды транспорта могут играть ведущую роль, но чаще всего она приходится на рельсовый транспорт.

Формируемые экономические эффекты от эксплуатации инфраструктуры рельсового транспорта значительны, но при этом практически любой инфраструктурный проект является малопривлекательным для частного инвестирования и обладает значительными сроками окупаемости.

Формирование положительного экономического эффекта в сфере общественного транспорта, а особенно рельсового, возможно только при наличии значительного пассажиропотока. При этом виды транспорта автоматически ранжируются по таким признакам, как скорость движения, территориальная доступность и дальность поездки.

Очевидно, что не все населенные пункты и даже агломерации генерируют соответствующий пассажиропоток для возможности потенциальной самоокупаемости общественного транспорта. Поэтому в большинстве стран мира поддержка общественного транспорта — государственная задача. Безусловно, совершенствуя экономические институты и предлагая частному капиталу выгодные условия при инвестировании в транспортную инфраструктуру, роль государства будет снижаться, а транспортная услуга будет более рыночной и конкурентоспособной.

Рассматривая вопрос формирования пассажиропотока, необходимо учитывать такие его показатели, как сбор и распределение. Именно от их масштаба, соотношения и оценки неравномерности по времени и направлению [23, 38] зависит будущий формат и реализация инфраструктурных проектов. При определении параметров сбора и распределения помимо традиционных подходов к оценке важно учитывать субъективные оценки экономических агентов — пользователей транспортной услуги.

В значительной степени улучшит экономическую оценку эффективности реализации инфраструктурных транспортных проектов в агломерации детализация экономических эффектов и их сопоставление с затратами на основе метода АЗВ, а также полнота перемещений пассажиров и товаров с учетом концепции интермодальности поездки / перевозки.

Проведенный в работе анализ экономических аспектов развития и планирования транспортной инфраструктуры в городских агломерациях позволил выявить основные тенденции развития транспорта с учетом различных моделей землепользования, формируемого пассажиропотока, соотношения «личный / общественный транспорт», а также дополнить существующий методический инструментарий оценки экономической эффективности реализации инфраструктурных транспортных проектов усовершенствованными подходами в части инвестиционно-строительной и транспортной деятельности. ■

Литература

1. Мачерет, Д. А. Развитие рельсового транспорта в мегаполисах / Д. А. Мачерет, Е. И. Анищенко // Экономика железных дорог. — 2021. — № 1. — С. 21–33.
2. Лapidус, Б. М. Макроэкономическая роль железнодорожного транспорта: Теоретические основы, исторические тенденции и взгляд в будущее / Б. М. Лapidус, Д. А. Мачерет. — Москва : КРАСАНД, 2014. — 234 с.
3. Разуваев, А. Д. Экономическая оценка создания, эволюции и стратегического развития транспортной инфраструктуры (на примере железнодорожного транспорта). Москва : Прометей, 2021. — 286 с.
4. Цыпин, П. Е. Современные тенденции развития инфраструктуры железных до-

- рог/П.Е.Цыпин, А.Д.Разуваев//Актуальные проблемы управления экономикой и финансами транспортных компаний : сборник трудов Национальной научно-практической конференции. – Москва, 2016. – С. 182–187.
5. Разуваев, А. Д. Децентрализация агломераций и инфраструктурного базиса как фактор повышения безопасности национальной экономики // Вклад транспорта в национальную экономическую безопасность : сборник трудов III Международной научно-практической конференции / под ред. Р. А. Кожевникова, Ю. И. Соколова, З. П. Межох. – Москва, 2018. – С. 280–282.
 6. Леви, Дж. Современное городское планирование. – Москва : Strelka Press, 2020. – 390 с.
 7. Разуваев, А. Д. Методология экономической оценки сооружения транспортной инфраструктуры в мегаполисах // Транспорт РФ. – 2019. – № 4 (83). – С. 18–21.
 8. Исследования Яндекса. – URL: <https://yandex.ru/company/researches/> (дата обращения: 30.11.2021).
 9. Каршеринг в Москве. – URL: <https://yandex.ru/company/researches/2021/drive> (дата обращения: 30.11.2021).
 10. Один день из жизни московского транспорта [Электронный ресурс]. – URL: <https://yandex.ru/company/researches/2020/moscow/trolltrambus>.
 11. Дом – работа, работа – дом. – URL: https://yandex.ru/company/researches/2016/home_work (дата обращения: 30.11.2021).
 12. Автомобиль или общественный транспорт? Москва. – URL: https://yandex.ru/company/researches/2011/ya_auto_vs_transport_2011 (дата обращения: 30.11.2021).
 13. Пробки в Москве: 2013–2017. – URL: https://yandex.ru/company/researches/2017/moscow_traffic_2017 (дата обращения: 30.11.2021).
 14. Мачерет, Д. А. Методологические проблемы оценки эффективности инфраструктурных проектов на транспорте / Д. А. Мачерет, А. Д. Разуваев // Экономика железных дорог. – 2020. – № 10. – С. 15–26.
 15. Мачерет, Д. А. Управление экономической эффективностью эксплуатационной деятельности железнодорожного транспорта с использованием инновационных подходов / Д. А. Мачерет, А. В. Рышков, Н. А. Валеев [и др.]. – Москва : РИОР, 2018. – 212 с.
 16. Мачерет, Д. А. Техничко-экономическая оценка создания и эксплуатации транспортной инфраструктуры / Д. А. Мачерет, Н. А. Валеев, А. В. Кудрявцева [и др.]. – Москва : РУТ (МИИТ), 2019. – 326 с.
 17. Цыпин, П. Е. Эффективность использования наземного транспорта в условиях высокой стоимости земли / П. Е. Цыпин, А. Д. Разуваев, А. Ю. Ледней // Бизнес и дизайн ревю. – 2016. – № 4 (4). – С. 7.
 18. Анищенко, Е. И. Повышение эффективности городского железнодорожного сообщения // Экономика железных дорог. – 2021. – № 7. – С. 31–40.
 19. Крылов, П. М. Транспортно-географический анализ российских нестоличных агломераций: проблемы изучения и полученные результаты. – URL: <http://www.giprogor.ru/news/325-krylov-p-m-transportno-geograficheskij-analiz-rossijskikh-nestolichnykh-aglomeratsij-problemy-izucheniya-i-poluchennye-rezultaty> (дата обращения: 30.11.2021).
 20. Уэрта де Сото Х. Австрийская экономическая школа: рынок и предпринимательское творчество. – Москва ; Челябинск : Социум, 2021. – VIII + 202 с.
 21. Человеческая деятельность: трактат по экономической теории / Людвиг фон Мизес. – Челябинск : Социум, 2012. – 878 с.
 22. Уэрта де Сото Х. Социально-экономическая теория динамической эффективности. Челябинск : Социум, 2011. – XVI + 409 с.
 23. Мачерет, Д. А. Экономическая оценка сезонной неравномерности загрузки железнодорожной инфраструктуры / Д. А. Мачерет, А. Д. Разуваев, А. Ю. Ледней // Мир транспорта. – 2020. – Т. 18. – № 1 (86). – С. 94–115.
 24. Бобрик, П. П. Обоснование гравитационной модели транспортных корреспонденций при помощи закона убывающей предельной полезности / Труды Московского физико-технического института (национального исследовательского университета). – 2010. – Т. 2. № 4 (8). – С. 31–34.
 25. Герасимов, М. М. Системный подход в экономике : учебное пособие. / М. М. Герасимов, Д. А. Разуваев, А. А. Благодатская. – Москва : РУТ (МИИТ), 2020. – 148 с.
 26. Научные проблемы экономики и развития транспортной инфраструктуры и управления транспортным строительством: монография / Д. А. Мачерет, Н. В. Капустина [и др.]. – Москва, 2020. – 213 с.
 27. Ледней, А. Ю. Разработка методических подходов к оценке экономической эффективности развития транспортной инфраструктуры с учетом объемов и неравномерности перевозок : диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. – Москва, 2020. – 176 с.
 28. Титов, Р. А. Совершенствование методов экономической оценки интермодальной транспортной инфраструктуры // Экономика железных дорог. – 2021. – № 8. – С. 27–34.
 29. Капустина, Н. В. Оценка социально значимых параметров транспортных проектов / Н. В. Капустина, А. Д. Разуваев, Фан Ван Чуен // Экономика железных дорог. – 2021. – № 1. – С. 34–42.
 30. Шваб, К. Четвертая промышленная революция. – Москва : Эксмо, 2018. – 288 с.
 31. Ханна, П. Коннектография. Будущее глобальной цивилизации. – Москва : Манн, Инванов и Фербер, 2019. – 432 с.
 32. Мачерет, Д. А. Оценка эффективности интермодальной транспортной инфраструктуры / Д. А. Мачерет, Р. А. Титов // Экономика железных дорог. – 2020. – № 8. – С. 15–23.
 33. Титов, Р. А. Развитие интермодальной транспортной инфраструктуры: экономический аспект // Экономика железных дорог. – 2020. – № 10. – С. 36–47.
 34. Разуваев, А. Д. Оценка экономической эффективности строительства и технического перевооружения железнодорожной инфраструктуры с применением инновационных решений: диссертация на соискание ученой степени кандидата наук. – Москва, 2019. – 148 с.
 35. Мачерет, Д. А. Экономические основы транспортной деятельности / Д. А. Мачерет, А. Д. Разуваев, А. Ю. Ледней. – Москва : Российский университет транспорта, 2020. – 48 с.
 36. Вайгенд, А. BIG DATA. Вся технология в одной книге. – Москва : Эксмо, 2020. – 384 с.
 37. Фон Хайек, Ф.-А. Пагубная самонадеянность. Ошибки социализма. – Москва : Изд-во «Новости» при участии изд-ва Catalaxy, 1992. – 304 с.
 38. Ледней, А. Ю. Влияние сезонной неравномерности перевозок на экономическую эффективность развития транспортной инфраструктуры / А. Ю. Ледней, Д. А. Мачерет // Экономика железных дорог. – 2020. – № 6. – С. 14–26.

Анализ гибридных моделей цифровизации в сфере железнодорожных перевозок



И. М. Гулый,
канд. экон. наук, доцент
кафедры «Экономика
транспорта» ФГБОУ ВО
«Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I»
(ШГУПС)

Гибридные бизнес-модели цифровизации актуальны для большинства компаний на этапе цифрового перехода. В статье предлагается определение гибридной модели цифровизации, дается обоснование экономических преимуществ, а также рисков и угроз дополнительной потери при внедрении таких моделей, предлагается совмещенная матрица-схема эффектов проектов цифровой трансформации холдинга «РЖД» и параметра «степень проектной гибридности».

Гибридная бизнес-модель цифровизации означает одновременное применение традиционной бизнес-модели (ранее существовавших традиционных технологий, методов организации продаж и инструментов управления, работающих не на цифровой основе) и бизнес-модели инновационной (предполагающей как оцифровывание внутренних процессов, так и создание цифровых каналов, платформ, сервисов взаимодействия с потребителями, а также внедрение в производственный процесс киберфизических активов).

Процесс гибридности объединяет различные элементы двух бизнес-моделей в одну, рассматриваемую как особая форма объекта управления на этапе цифрового перехода компаний. Гибридная форма синтеза цифровых и нецифровых технологий, рыночных каналов реализации продуктов и услуг, специфическая структура бюджета затрат, объединяющая прежние статьи расходов с новыми проектами оцифровки в конечном итоге приводят к конкурентным преимуществам, которые компании получают на этапе цифрового перехода своего бизнеса.



С одной стороны, существует бизнес-модель, основанная на традиционном механизме оказания (в нашем случае) транспортных услуг. В настоящее время здесь наблюдается движение, характеризующееся переходом от простого сосуществования двух рынков (традиционного и виртуально-цифрового) к гибриднему. Примером отличия традиционного рынка от гибридного является основа, как правило, цифровая платформа, где помимо основных услуг предлагаются дополнительные: сопутствующие, потенциально востребованные, приобретение которых на цифровой платформе становится более удобным и экономичным.

К исследованию гибридных бизнес-моделей сегодня проявляют большой интерес в основном представители зарубежного научного сообщества. Среди наиболее содержательных работ отметим: Cavalieri A., Saisse M. [1], Estrada M. A. R. [2], Endres H., Herbert Endres H., Stoiber K., Wenzl N. M. [3], Jacoby M., Jovicic B., Stojanovic L., Stojanovic N. [4], Tabak E. [5], Tabares S. [6]. Большой исследовательский потенциал и практическая значимость изучаемой области предопределяют ее большие перспективы в России.

Особенности гибридных моделей цифровизации

Внедрение гибридных бизнес-моделей, суть которых состоит в сосуществовании двух взаимодополняемых технологических сфер: традиционных способов производства и реализации, создания ценностного предложения для потребителя и цифровых преобразований, в частности электронных каналов взаимодействия, диджитал-сервисов, платформенных решений, новых киберфизических систем, представляет новую научно-практическую проблематику.

К гибридным моделям цифровизации также относим такие способы описания бизнес-процессов, которые характеризуются дополнениями нецифровизированных традиционных технологий отдельными фрагментами цифровых технологических инноваций. Например, цифровые проекты внедряются не по всей компании, а лишь в ограниченной части подразделений, на узком сегменте основного технологического процесса, имеют характер частичных выборочных цифровых дополнений и незначительных преобразований.

Гибридные модели цифровизации будут значительно востребованы, поскольку в условиях ограниченного бюджета компаний гибридизация несомненно

способствует получению компаниями дополнительного эффекта, большей добавленной стоимости, лучше ориентирует их внимание к возрастающим запросам потребителей в части скорости операций, прозрачности и видимости технологических и логистических процессов.

Однако развитие гибридных бизнес-моделей цифровизации сопряжено с очевидными рисками и проблемами, в частности:

- гибридизация приводит к двойственности обеспечения работоспособности двух конвергентных форм в рамках одного гибрида, выполнения операций, ремонтов и технического обслуживания, обновления цифрового и нецифрового оборудования и других активов (например, обслуживание как оборудования по продаже билетов в кассах, так и информационно-коммуникационных устройств продажи онлайн);

- зачастую цифровая форма гибрида не может нормально и бесперебойно функционировать в отрыве от традиционной нецифровой: например, возникающие ошибки, сбои в цифровых системах должны исправляться и устраняться работниками (вероятность больших расходов здесь высокая), а сами киберфизические системы сделать это не в состоянии;

- работа киберфизических устройств, платформ, средств интернета вещей и т. д. происходит под обязательным внешним наблюдением с присутствием человека;

- существуют угрозы, обусловленные возможными кибератаками, вмешательством, взломом, утечкой информации;

- ограниченность гибридной модели, невозможность ее полного применения по запросам клиентов в связи с фрагментарностью, точечным характером реализации цифровых проектов лишь на отдельных участках, подразделениях, декоративным содержанием, когда отдельные технологические решения внедряются не для построения реальной бизнес-модели на цифровой основе, а для создания формальной видимости диджитализации;

- есть риски сокращения инвестиционного бюджета после запуска проектов или изначального недофинансирования масштабных мероприятий, что приведет не к реальным экономическим результатам, а частичным цифровым улучшениям и дополнениям, создающим минимальный эффект.

В холдинге «РЖД» проекты цифрового перехода также имеют признаки гибрида. Часть проектов наиболее практически реализуемы и малорискованны в рамках гибридной модели (динамическое ценообразование в рамках платформы управления клиентским опытом; предиктивная аналитика технического состояния на основе данных мобильной диагностики; предиктивный анализ технического состояния грузовых вагонов; управление клиентским опытом и минимизацией оттока клиента в CRM-сервисах).

Отдельные проекты, такие как внедрение системы «автомашинист на горочных локомотивах», система помощи машинисту при управлении за счет технического зрения, автоматический роспуск вагонов на сортировочных горках, характеризуются повышенными рисками в рамках модели гибридной цифровизации по многим обозначенным выше причинам.

Несмотря на риски, модель гибридной цифровизации имеет большие преимущества с точки зрения формирования дополнительных эффектов.

Очевидный плюс — создание в гибридной модели дополнительных конкурентных преимуществ за счет дифференциации предложения. Различные продукты и услуги объединяются с цифровыми услугами и дополнительными сервисами. Многоканальные варианты продаж как офлайн, так и онлайн, увеличивают охват и поток потребителей.

Клиентоориентированность в гибридных моделях обеспечивается в том числе благодаря тесному цифровому обмену и сотрудничеству компаний, зачастую конкурирующих. В цифровых средах потребителю предоставляется разнообразие выбора, быстрая скорость получения информации, создается дополнительная ценность многоканального доступа.

Еще один существенный положительный эффект гибридной бизнес-модели — экономия транзакционных затрат, сокращение непроизводительных потерь и не приводящих к созданию стоимости и ценности временных затрат. Также отметим эффект масштаба, возможность экономии как для компании, так и для ее потребителей (например, в сервисах мобильности как услуги, услуг доставки последней мили).

Все это приведет к росту операционной прибыли, дополнительному приросту показателей отдачи инвестиций в проекты гибридной цифровизации.

На отдельно взятом примере — проекте беспилотного железнодорожного движе-

Таблица 1. Эмпирическая матрица-схема эффектов по выборке проектов цифровой трансформации холдинга «РЖД» и степени их гибридации

Параметр оценки. Проект	Эффект – снижение затрат	Эффект – дополнительный доход	Степень гибридации
1. Интегрированная система взаимодействия с клиентами — участниками рынка грузовых перевозок (CRM)	Транзакционных, в т. ч. на актово-претензионную работу	Рост транзита грузов в международном сообщении, реагирование на запросы клиентов	Умеренная
2. Единый цифровой сервис — блокчейн смарт-контракта и взаимодействия участников грузовых перевозок	Транзакционных, от простоев ожидания при оформлении документов	Монетизация за счет дополнительных сервисов, за счет роста грузооборота при снижении времени оборота вагонов	Значительная (сложность полного охвата)
3. Цифровая безбумажная перевозка по технологии «Интертран»	От простоев и штрафов	От роста транзитного потока грузов	Слабая
4. Маас — билетные решения для пассажиров (основные и сопутствующие услуги)		За счет генерирования комиссионных доходов, продвижения сервисов в смежные отрасли, единого ценностного предложения	Умеренная (сложность полного охвата)
5. Платформа управления клиентским опытом «цифровой след пассажира»	Отдельных непроизводительных затрат и потерь	За счет мобильного реагирования на спрос, гибких тарифных схем	Слабая
6. Предиктивный анализ технического состояния грузовых вагонов	На техническое обслуживание и ремонты, потерь от внеплановых простоев	—	Умеренная
7. Искусственный интеллект («беспилотный локомотив», «автодиспетчер» и др.)	За счет простоев вагонов, за счет точного соблюдения графика, уменьшения штатной численности	—	Сильная (значение постоянной конвергенции с традиционными технологиями)

Источник: составлено автором.

ния — покажем, что наряду с преимуществами в модели гибридной цифровизации существуют риски и ряд нерешенных проблем.

Внедрение беспилотных технологий на железнодорожном транспорте обеспечит оптимизацию движения поездов, высокую точность процесса без участия машиниста, высвобождение труда человека при выполнении рутинных операций, значительно более высокую степень осведомленности диспетчеров и в целом информационного наполнения управления движением, большой уровень безопасности и предсказуемости работы системы.

Но проблемы автопилотного железнодорожного движения могут возникнуть

на больших расстояниях (не внутри агломерации, а между регионами). Например, вероятность сбоя системы при выходе на пути животного, человека, появлении посторонних предметов, снежных завалов и т. д.

Возникновение сбоев в работе систем приведет к необходимости вмешательства человека, направления на место возникновения ситуации группы работников, вызовет простой и срыв сроков прибытия и доставки грузов на определенном направлении.

При переходе к автоматизации повышается информационная нагрузка на оператора, центрального диспетчера

по управлению беспилотными составами (например, ложные срабатывания, ошибочные предупреждения и др.).

Возможны и катастрофические риски, к которым могут привести сбои в программном обеспечении, вероятные кибератаки и взломы систем управления.

Поэтому бизнес-модели гибридной цифровизации должны внедряться при очень серьезном креш-тестировании и выполнении большого количества технико-экономических расчетов.

Применение метода анализа иерархий в исследовании гибридных моделей цифровизации

В условиях высоких рисков инвестирования в проекты гибридной цифровизации, действующих финансовых ограничений реализации крупных и масштабных инвестиционных проектов бизнес-инвесторам необходима высокая достоверность оценки результатов и эффективности вложений. Фрагментарность, условность, многовариантность, вероятность достижения эффектов в моделях гибридной цифровизации определяют важность совершенствования и углубления методов их оценки.

Одним из инструментов здесь выступает матричный анализ, а также многокритериальный анализ с учетом иерархии индикаторов оценки.

Для эмпирической оценки проектов гибридной цифровизации на основе матричного анализа мы предлагаем конкретный аналитический инструмент — совмещенную матрицу-схему эффектов проектов цифровой трансформации холдинга «РЖД» и степени их гибридации. Она основана на существующих исследованиях элементов корпоративной стратегии цифровой трансформации холдинга «РЖД» до 2025 г., дополнительных экспертных оценок по итогам совещаний и презентаций проектов [7].

Мы вводим понятие «относительная степень гибридации проекта» — условная величина, показывающая сочетание, соотношение в проекте критической массы базисных цифровых технологических инноваций и традиционных нецифровых технологических единиц. В нашем исследовании предлагаем дифференцировать параметр по уровням:

- отсутствующая гибридация — проект полностью основан на полноценных цифровых преобразованиях, процессы создания и реализации продукта, услуги полностью реализуются на базе цифровых технологий;

Таблица 2. Согласованные вычисления и итоговое решение иерархической приоритизации рассмотренных проектов, найденные с применением метода анализа иерархий

Проект	Матрица парных сравнений для параметра «степень гибридизации проекта»							Приближенное значение главного собственного вектора	Матрица парных сравнений для параметра «потенциальный эффект»							Приближенное значение главного собственного вектора	Вектор иерархического синтеза – вектор приоритета
	1	3	1/3	1	1/3	1	5		1	3	1	3	5	5			
Проект 1*	1	3	1/3	1	1/3	1	5	0,126	1	3	1	3	5	5	0,282	0,2430	
Проект 2	1/3	1	1/5	1/3	1/5	1/3	3	0,058	1/3	1	1/3	1	3	3	0,143	0,1218	
Проект 3	3	5	1	3	1	3	9	0,270	1	3	1	3	5	5	0,282	0,2790	
Проект 4	1	3	1/3	1	1/3	1	5	0,126	1/3	1	1/3	1	3	3	0,143	0,1388	
Проект 5	3	5	1	3	1	3	9	0,270	1/5	1/3	1/5	1/3	1	1	0,050	0,1049	
Проект 6	1	3	1/3	1	1/3	1	5	0,126	1/5	1/3	1/5	1/3	1	1	0,050	0,0689	
Проект 7	1/5	1/3	1/9	1/5	1/9	1/3	1	0,023	1/5	1/3	1/5	1/3	1	1	0,050	0,0433	

*Примечание: нумерация проектов соответствует первой таблице. Источник: разработано автором.

• слабая гибридизация — проект преимущественно связан с цифровой технологической основой, а дополнительные традиционными технологиями незначительно;

• умеренная гибридизация — проект связан с двумя формами технологий примерно в равных соотношениях, цифровые решения и традиционные нецифровые средства производства синхронизированы по значимости, вклад каждой формы в создание добавленной стоимости продукта, услуги примерно одинаковы;

• значительная гибридизация — цифровая составляющая в проекте носит характер улучшения, совершенствует основную форму; создание и реализация продуктов и услуг эффективны и в отсутствие оцифровки бизнес-процессов; проект трудно реализуем без традиционных технологий;

• сильная — проект крайне незначительно диджитализирован, включенная в него цифровая основа характеризуется незначительным и слабо заметным влиянием либо реализация проекта невозможна в отрыве от традиционных технологий.

В табл. 1 показана сформированная эмпирическая матрица-схема эффектов по выборке¹ проектов цифровой трансформации холдинга «РЖД» и степени их гибридизации.

Математическим инструментом, применение которого перспективно для дальнейшего анализа гибридных моделей цифровизации, является метод анализа

иерархий. Его использование не приводит к получению какого-либо единственно правильного решения для инвестора, но позволяет в ранжированной последовательности альтернатив найти такой вариант, который наилучшим образом согласуется с пониманием проблемы и стоящими задачами.

В табл. 2 приведены выполненные нами расчеты матриц и векторов с использованием метода анализа иерархий, которые выстраивают перечень проектов в иерархической последовательности (определяют приоритетность проектов) по синтезу двух критериев: «степень гибридизации» и «потенциальный эффект».

При использовании метода анализа иерархий мы брали в расчет два уровня иерархии: степень гибридизации и возможный эффект для компании (средний, значительный, высокий). На основе результатов вычислений матрицы метода анализа иерархий лучшим решением по критериям: «максимизация дохода / минимизация параметра „степень гибридизации“» являются проекты «Интегрированная система взаимодействия с клиентами — участниками рынка грузовых перевозок (CRM)» и «Цифровая безбумажная перевозка по технологии „Интертран“».

Гибридные бизнес-модели цифровизации имеют безусловные преимущества, но одновременно их внедрение сопряжено со многими рисками и трудностями. Риски гибридной цифровизации связаны с фрагментарностью, невозможностью киберфизической системы исправлять ошибки и устранять их последствия, дополнительной инвестиционной нагрузкой на бизнес, применяющий гибридный тради-

ционных и цифровых факторов создания товаров и услуг.

Гибридные бизнес-модели цифровизации являются перспективным объектом анализа, одним из инструментов которого выступают матрицы соотношения параметров: эффекты, степень гибридизации, приоритетность в портфеле проектов, инвестиционные затраты, величина отдачи инвестиций. **T**

Литература

1. Cavalieri A., Saisse M. Hybrid project management for sociotechnical digital transformation context. — Brazilian Journal of Operations & Production Management. — 2019. P. 316–332.
2. Estrada M. A. R. An Introduction to The Hybrid Economics Models. Economic models for policy making. 2019. P. 1–250.
3. Endres H., Stoiber K. and Wenzl N. M. Managing digital transformation through hybrid business models. Journal of Business Strategy. — 2019. — Vol. 41. — № 6. P. 49–56.
4. Jacoby M., Jovicic B., Stojanovic L., Stojanovic N. An Approach for Realizing Hybrid Digital Twins Using Asset Administration Shells and Apache StreamPipes. Information, 2021.
5. Tabak E. A Hybrid Model for Managing DH Projects. EU Marie Curie Fellowship — Information Behaviour in Digital Humanities. 2017.
6. Tabares S. Do hybrid organizations contribute to Sustainable Development Goals? Journal of Cleaner Production. — 2021. — 280.12461. — P. 1–12.
7. Transport. Technologies. Trends: an analytical review. — Moscow : RZD-Invest, 2020. — 157 p.

¹В стратегии цифровой трансформации ОАО «РЖД» до 2025 г. более 40 проектов, все из которых отразить в матрице в рамках статьи не представляется целесообразным.

Информационное развитие таможенной инфраструктуры Евразийского экономического союза



Е. Ю. Тимофеева,
канд. экон. наук, доцент
кафедры таможенного
дела ФГБОУ ВО «Санкт-
Петербургский государ-
ственный экономический
университет»

Одной из задач, позволяющих обеспечить дальнейший экономический рост в России и странах — членах ЕАЭС, является опережающее развитие как транспортной, так и таможенной инфраструктуры [3]. Важнейшим направлением увеличения их пропускной способности становится внедрение информационных и телекоммуникационных средств обеспечения деятельности таможенных органов.

Правовое регулирование и статус объектов таможенной инфраструктуры

Определение понятия «таможенная инфраструктура» приводится в п. 1 статьи 353 Таможенного кодекса Евразийского экономического союза (ТК ЕАЭС) и в п. 4 статьи 257 закона РФ о таможенном регулировании. Обе дефиниции идентичны и звучат следующим образом: «К таможенной инфраструктуре относятся здания, сооружения, помещения, открытые площадки, оснащенные техническими средствами таможенного контроля, инженерными, информационными, телекоммуникационными системами и средствами их обеспечения (далее — элементы таможенной инфраструктуры), и объекты социального

назначения, обеспечивающие деятельность таможенных органов» [1, 2].

Важными являются и вопросы размещения объектов таможенной инфраструктуры. В соответствии с ТК ЕАЭС они размещаются в пунктах пропуска, местах нахождения таможенных органов и иных местах, где могут совершаться таможенные операции и таможенный контроль [1].

В соответствии с российским законодательством места размещения объектов таможенной инфраструктуры определяются исполнительным органом власти, осуществляющим функции по контролю и надзору в области таможенного дела, то есть Министерством финансов, исходя из объемов пассажиро- и товаропотоков, степени интенсивности развития внешнеэкономических связей субъектов Федерации, уровня развития транспортных коридоров и транспортной инфраструктуры, потребностей участников внешнеэкономической деятельности и транспортных организаций [2].

Таким образом, таможенное законодательство предполагает необходимость межотраслевого подхода к вопросу развития и размещения объектов таможенной инфраструктуры с учетом потребностей транспортных организаций, осуществляющих международные перевозки и участников ВЭД.

По мнению экспертного сообщества как со стороны участников внешнеэкономической деятельности, так и со стороны представителей таможенных органов, одним из главных сдерживающих факторов развития торговли является инфраструктура пунктов пропуска, которая нуждается в модернизации и совершенствовании [9]. В связи с



Таблица 1. Динамика изменения количества пунктов пропуска на внешней границе ЕАЭС за 2015–2020 гг.*

Страны – члены ЕАЭС	Количество пунктов пропуска, ед. по годам							
	Автомобильные ПП		Железнодорожные ПП		Морские и речные ПП		Воздушные ПП	
	2015	2020	2015	2020	2015	2020	2015	2020
Российская Федерация**	151	79	69	37	70	59	86	81
Республика Беларусь	27	26	25	15	3	3	7	7
Республика Казахстан	12	14	6	6	2	3	16	18
Кыргызская Республика	18	8	4	4	—	—	5	2
Республика Армения	4	5	1	1	—	—	2	2

* Составлено на основе материалов аналитических обзоров ЕЭК [7, 8]

** В РФ также действовали в 2015 г. 10 смешанных и 1 пешеходный пункт пропуска и в 2020 г. 6 смешанных и 1 пешеходный пункт пропуска.

Таблица 2. Грузооборот через пункты пропуска, расположенные на внешней границе ЕАЭС по видам пунктов пропуска*

Страны – члены ЕАЭС Годы	Грузооборот (въезд/выезд) млн. тонн через пункты пропуска							
	Автомобильные ПП		Железнодорожные ПП		Морские и речные ПП		Воздушные ПП	
	2015	2020	2015	2020	2015	2020	2015	2020
Российская Федерация	30,30	27,99	168,00	132,80	810,00	814,31	5,50	0,83
Республика Беларусь	21,82	29,38	80,64	70,19	—	—	0,00	0,01
Республика Казахстан	н/д	6,23	н/д	59,23	н/д	156,65	н/д	0,06
Кыргызская Республика	0,82	1,26	3,11	0,61	—	—	0,08	0,09
Республика Армения	2,84	3,16	0,98	1,13	—	—	0,002	0,002

* Составлено на основе материалов аналитических обзоров ЕЭК [7, 8]

этим одной из приоритетных задач становится совершенствование таможенной инфраструктуры и оптимизация ее функционирования в пунктах пропуска на внешних участках таможенной границы стран – членов Евразийского экономического союза).

Анализ функционирования инфраструктуры пунктов пропуска на внешних участках таможенной границы стран – членов ЕАЭС

Пункты пропуска на таможенной границе стран – членов ЕАЭС подразделяются преимущественно по видам международного сообщения. Количество пунктов пропуска со смешанными видами транспорта и пешеходных невелико. В *табл. 1* представлены данные о количестве пунктов пропуска по основным видам международного сообщения в государствах – членах ЕАЭС за последние пять лет.

Как видно из приведенных данных, в России число пунктов пропуска на внешней границе ЕАЭС существенно сократилось. Количество автомобильных и железнодорожных переходов уменьшилось почти в два раза, морских и речных – на 18,6 %, воздушных – на пять единиц. Аналогичные тенденции отмечаются в Беларуси и Кыргызстане. Некоторое увеличение характерно для Казахстана, где количество автомобильных пунктов пропуска возросло

на четыре единицы и воздушных – на две, а также для Армении, где количество автомобильных переходов возросло на одну единицу. При этом динамика грузооборота через различные виды пунктов пропуска характеризуется противоречивыми данными, приведенными в *табл. 2*.

Так, при сокращении количества морских и речных пунктов пропуска грузооборот (въезд-выезд) водных видов транспорта через российский участок таможенной границы хоть и незначительно, но увеличился за последние пять лет. Число воздушных пунктов пропуска сократилось незначительно, а грузопоток сократился более чем в шесть раз. В Кыргызской Республике при сокращении количества автомобильных пунктов пропуска на участке таможенной границы более чем в два раза грузооборот возрос на 54 %.

Параметры пунктов пропуска, характеризующие их пропускную способность на внешних участках таможенной границы стран – членов ЕАЭС представлены в *табл. 3*.

Как видно из приведенных данных, плотность покрытия участков таможенной границы инфраструктурными объектами пунктов пропуска в различных странах – членах ЕАЭС различна. Наибольшее количество пунктов пропуска в расчете на 1000 км границы имеется в Беларуси (22 единицы), при этом более 50 % из них автомобильные.

В Казахстане этот показатель составляет восемь единиц, то есть более чем в два раза меньше, чем в Беларуси, при этом грузооборот в расчете на один пункт пропуска выше в три раза.

В России количество пунктов пропуска на 1000 км составляет пять единиц, то есть меньше показателя Беларуси в четыре раза, при этом объем грузооборота в расчете на один переход в 2,4 раза больше.

Наименьший объем грузооборота через пункты пропуска характерен для Армении и Кыргызстана, соответственно меньше, чем через пункты пропуска Казахстана, в 10 и в 36 раз и меньше, чем через российские пункты, в 6,9 и в 26 раз.

Анализ усредненного грузооборота на один пункт пропуска по видам международного сообщения показывает, что по железнодорожным пограничным переходам наибольшая нагрузка наблюдается на участках казахстанской границы, которая превышает почти в три раза нагрузку на аналогичные пункты пропуска в России и в два раза – в Беларуси.

По автомобильным маршрутам нагрузка также неравномерна. В Беларуси усредненный грузооборот почти в шесть раз больше, чем на российском участке границы и в пять раз больше, чем на участке Казахстана.

Таким образом, интенсивность грузопотоков через участки таможенной

Таблица 3. Количество пунктов пропуска в расчете на 1000 км таможенной границы и средний грузооборот в расчете на 1 пункт пропуска в государствах – членах ЕАЭС*

Страны – члены ЕАЭС	Общее количество пунктов пропуска на таможенной границе		Протяженность границы, км	Количество пунктов пропуска на 1 тыс. км протяженности таможенной границы		Общий грузооборот, млн т	Грузооборот, млн т в расчете на 1 пункт пропуска
	2015 год	2020 год		2015	2020		
Российская Федерация	387	263	56258	7	5	975,92	3,7
Республика Беларусь	62	51	2334	27	22	99,58	1,61
Республика Казахстан	36	41	5144,6	7	8	209,13	5,10
Кыргызская Республика	27	14	3190	8	4	1,96	0,14
Республика Армения	7	8	1254	6	6	4,29	0,54

* Рассчитано на основе материалов аналитических обзоров ЕЭК [7, 8]

границы в различных странах – членах ЕАЭС дифференцирована. Наибольшая нагрузка характерна для пунктов пропуска Казахстана и России.

Развитие пространственной интеграции в рамках ЕАЭС в целях формирования транспортных коридоров и новых транспортных потоков, учитывающих реализацию экспортного и транзитного потенциала территорий, требует оптимизации параметров пропускной способности пунктов пропуска в соответствии с перспективной интенсивностью товарных потоков.

Основные направления развития таможенной инфраструктуры

Создание новых и расширение действующих пунктов пропуска на таможенной границе – сложный процесс, требующий многолетних межгосударственных согласований. В связи с этим одним из основных направлений увеличения их пропускной способности становится внедрение технических средств таможенного контроля, информационных и телекоммуникационных средств обеспечения деятельности таможенных органов, которые в соответствии с таможенным

законодательством являются элементами таможенной инфраструктуры [1].

В Стратегии развития таможенной службы до 2030 г. была предложена модель интеллектуального пункта пропуска, подразумевающего более глубокий процесс цифровизации операций в процессе проведения как таможенного, так и иных видов государственного контроля на таможенной границе [5]. В настоящее время понятие «интеллектуальный пункт пропуска» присутствует как в нормативных документах, так и в научных публикациях в основном в концептуальном описательном виде. Тем не менее можно выделить следующие основные структурные элементы, которые закладываются в концепцию интеллектуального пункта пропуска (рис. 1).

В настоящее время реализовано обаятельное представление информации до прибытия транспортного средства на таможенную территорию всеми видами транспорта в электронном виде. Процедура предварительного информирования предполагает возможность передачи значительного объема информации о транспортном средстве, перевозчике и товаре.

В связи с этим при прибытии транспортного средства на таможенную территорию основной задачей является распознавание поставки по выданному заранее идентификационному номеру перевозки. В условиях углубленной цифровизации этот процесс может быть реализован путем визуализации штрих-кода или QR-кода в целях автоматического поиска информации по конкретной поставке в базе данных таможенных органов с подготовленными решениями.

При прибытии транспортного средства на таможенную территорию и следовании через таможенную границу считанная потоковая информация о весовых параметрах, результатах радиационного контроля, номере ТС (прице-



Рис. 1. Структурные элементы интеллектуального пункта пропуска

па) и контейнера без остановки может передаваться в соответствующие сегменты базы данных для цифровой обработки информации в Единой информационной системе таможенных органов (ЕАИС ТО). При этом применение элементов искусственного интеллекта может позволить обеспечить:

- поиск информации в базе данных с гигантским объемом информации;
- проверку данных, в том числе по информации, поступившей из других государственных контрольных органов;
- сравнительный анализ данных, представленных предварительно и при прибытии транспортного средства на таможенную территорию, системными средствами.

В настоящее время проведение сравнительного анализа информации на бумажных носителях занимает значительное время и создает существенную нагрузку на должностных лиц таможенных органов при больших объемах перевозок.

В целях ускорения процесса пропуска товаров и транспортных средств в соответствии с рекомендациями Евразийской экономической комиссии предполагается использовать систему двойного коридора для разделения транспортных средств, перевозящих товары с высоким или низким уровнем риска [4]. Усовершенствованная система управления рисками, в том числе и с использованием



Рис. 2. Схема информационного взаимодействия структурных элементов интеллектуального пункта пропуска в рамках единой цифровой платформы

семантических индикаторов на основе выделения элементов текста и смысловых единиц текста, позволит более широко применять автоматическую выборку товарных партий для проведения досмотра (осмотра) товаров и применения технических средств таможенного контроля, включая инспекционно-досмотровые комплексы.

На основе системы управления рисками перевозчик будет направлен на дополнительную полосу движения на площадку или в бокс проведения фактического контроля. При этом в дальнейшем результаты проведения как фактического, так и инструментального

контроля с использованием технических средств также автоматически будут передаваться в базу данных (рис. 2).

Реализация модели интеллектуального пункта пропуска требует как внедрения цифровых технологий, так и модернизации таможенной и транспортной инфраструктуры с учетом новых подходов к организации совершения таможенных операций и проведения таможенного контроля, в том числе пространственной организации территории самого пункта пропуска.

Так, для автомобильных пунктов пропуска потребуется выделение дополнительных полос движения для беспре-

Таблица 4. Укрупненный перечень таможенных операций и действий должностных лиц в процессе таможенного контроля в пунктах пропуска и способы их осуществления

	С использованием средств информатизации и телекоммуникации	Без использования средств информатизации и телекоммуникации
Получение и обработка предварительной информации до прибытия транспортного средства, присвоение уникального идентификационного номера перевозки	+	
Получение информации о прибытии транспортного средства и данных по уникальному идентификационному номеру перевозки		+
Поиск данных по товарной партии по уникальному идентификационному номеру перевозки	+	
Получение документов и сведений при прибытии транспортного средства по товару и транспортному средству		+
Получение данных транспортного контроля, в том числе о весовых и габаритных параметрах транспортного средства и результатах радиационного контроля		+
Сверка документов и сведений по товарной партии до и после прибытия транспортного средства на таможенную границу		+
Принятие решения о применении мер минимизации риска (осмотр, досмотр)	+	
Проведение таможенного досмотра (осмотра)		+
Оформление результатов досмотра (осмотра)		+
Устный опрос и получение объяснений		+
Прием и контроль транзитной декларации	+	
Передача информации другим государственным контрольным органам о необходимости поведения контроля и получение результатов контроля		+

Таблица 5 Основные факторы, влияющие на пропускную способность пункта пропуска

№ п/п	Факторы, влияющие на пропускную способность пункта пропуска	Основные характеристики
1.	Количество транспортных средств международной перевозки (въезд-выезд)	Грузовые, пассажирские, вид транспорта
2.	Количество товарных партий и характеристики товаров, перемещаемых на одном транспортном средстве, подлежащих таможенному контролю	— одна партия или несколько; — товары одного наименования в каждой партии или нескольких наименований и кодов ТНВЭД ЕАЭС
3.	Объем информации, передаваемой перевозчиком или иным заинтересованным лицом в электронном виде в зависимости от операций, планируемых таможенными и другими государственными контрольными органами	— в объеме основных таможенных и транспортных документов; — в объеме, необходимом для размещения товара на складе временного хранения; — в объеме, необходимом для проведения транспортного, санитарно-эпидемиологического, фитосанитарного и ветеринарного контроля; — в объеме, необходимом для формирования транзитной декларации; — в объеме, включающем все перечисленные операции (при необходимости)
4.	Уровень автоматизации процессов взаимодействия государственных контрольных органов	— с использованием единой платформы и принципа одного окна; — передача бумажных документов
5.	Уровень автоматизации процесса контроля документов и сведений, предоставленных при прибытии транспортного средства и товара на таможенную территорию	— автоматическая сверка данных, передаваемых в электронном виде перевозчиками и участниками ВЭД; — сверка электронной информации с бумажными документами
6.	Характер решений по объектам и формам таможенного контроля и время их проведения	— количество объектов, по которым принято решение по досмотру (осмотру)
7.	Уровень автоматизации процесса фактического контроля и оформления его результатов	— проведение фактического контроля с использованием технических средств таможенного контроля (ИДК, рентгеноаппаратуры и т. п.); — проведение досмотра (осмотра) без применения ТСТК; — автоматическая передача информации о результатах фактического контроля в БД таможенного органа; — передача бумажных документов

пятственного безостановочного движения транспортных средств, перевозящих товары, имеющих приоритеты по проведению таможенного контроля (скоропортящиеся товары, перемещаемые компаниями с низким уровнем риска и т. п.), а также установка указателей и автоматических шлагбаумов при направлении ТС в зону фактического контроля, в том числе с использованием технических средств.

Совершенствование пространственной организации железнодорожных пунктов пропуска также является сложной и затратной задачей, поскольку предполагает необходимость выгрузки или отцепки вагонов и направления их на резервные участки пути в целях проведения фактического таможенного контроля. Решение поставленных целей должно позволить существенно увеличить пропускную способность пунктов пропуска за счет сокращения времени на проведение таможенного контроля и совершение таможенных операций.

Прогнозирование пропускной способности интеллектуальных пунктов пропуска на таможенной границе

Создание интеллектуальных пунктов пропуска — сложный и затратный процесс. В связи с этим представляется немаловажной перспективная оценка

результатов внедрения интеллектуальных технологий в практику работы таможенных органов.

Основными показателями эффективности работы структурных подразделений в пограничных пунктах пропуска являются время проведения таможенных операций, а также количество выявленных правонарушений при ввозе и вывозе товаров [6]. Другими словами, ускорение процесса перемещения товаров через таможенную границу не должно сказываться на качестве таможенного контроля.

Укрупненный перечень таможенных операций и действий должностных лиц, осуществляемых в пункте пропуска как с использованием, так и без применения информационных технологий при существующих условиях работы приведен в *табл. 4*.

Как видно из данных таблицы, довольно значительное количество операций и действий в процессе таможенного контроля осуществляется без использования средств информатизации и телекоммуникации. Таким образом, повышение уровня автоматизации деятельности таможенных органов в пунктах пропуска продолжает оставаться одним из основных факторов повышения результативности их работы.

Исходя из вышесказанного можно выделить основные факторы, влияющие на пропускную способность пунктов пропуска, перечень которых представлен в *табл. 5*.

Приведенные факторы разнонаправленно влияют на скорость перемещения транспортных средств через таможенную границу. Часть из них, например решение о проведении фактического контроля товаров, имеет вероятностный характер. В связи с этим при прогнозировании перспективных параметров пропускной способности пунктов пропуска за счет факторов, связанных с автоматизацией таможенной деятельности, требуется учитывать и ряд ограничений.

Также следует отметить, что увеличение пропускной способности пунктов пропуска зависит не только от уровня автоматизации процессов в таможенных органах, но и от синхронизированного роста уровня автоматизации процессов передачи информации участниками внешнеэкономической деятельности, в том числе перевозчиками международных грузов и деятельности других государственных контрольных органов. В качестве ограничений могут также выступать характеристики пространственной организации дорожного движения на территории самого пункта

пропуска, такие как отсутствие дополнительных полос движения.

Моделирование пропускной способности пункта пропуска может быть осуществлено на основе дискретно-событийной динамической имитационной модели, позволяющей учесть последовательность событий в процессе совершения таможенных операций и проведения таможенного контроля. В общем виде данная модель может быть представлена так.

$$K_{TC} = \sum \int (T) \longrightarrow \max;$$

$$T = \sum_{j=1}^n \int (k_{jtof}; b_{kdt}; a_{ik}) \longrightarrow \min$$

$$t_{of} \leq t_n; \quad t_d \leq t_n; \quad j=1, n; \quad 0 \leq b \leq 1$$

где:

K_{TC} — количество транспортных средств, проследовавших через пункт пропуска;

T — время, необходимое для совершения всех таможенных операций и проведения таможенного контроля в отношении одного транспортного средства;

t_{of} — фактическое время на совершение конкретной таможенной операции в отношении одной товарной партии или транспортного средства;

t_d — фактическое время, необходимое для проведения конкретной формы таможенного контроля в отношении одной товарной партии или транспортного средства;

t_n — нормативное время, предусмотренное для совершения таможенной операции и проведения таможенного контроля в соответствии с законодательством в отношении товарной партии или транспортного средства;

j — количество совершаемых таможенных операций и/или проводимых форм таможенного контроля в отношении транспортного средства;

k_j — количество транспортных средств и (или) товарных партий, в отношении которых совершаются таможенные операции;

k_d — количество транспортных средств и (или) товарных партий, в отношении которых проводится конкретная форма таможенного контроля;

b — коэффициент вероятности применения конкретной формы таможенного контроля в отношении товарной партии и (или) транспортного средства;

a — коэффициент, учитывающий влияние уровня автоматизации конкретной таможенной операции или действия должностного лица таможенного органа на время его проведения.

В целом же представляется, что, несмотря на противоречивость влияния различных факторов на процесс перемещения транспортных средств через таможенную границу ЕАЭС, развитие таможенной инфраструктуры в пунктах пропуска на базе интел-



лектуальных технологий позволит существенно увеличить их пропускную способность. ■

Литература

1. Таможенный Кодекс Евразийского экономического союза. Приложение 1 к договору о Таможенном кодексе евразийского экономического союза. — URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 25.10.2021).
2. О таможенном регулировании : закон Российской Федерации от 03 августа 2018 г. № 289-ФЗ. — URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 07.10.2021).
3. Об основных направлениях и этапах реализации скоординированной (согласованной) транспортной политики государств — членов Евразийского экономического союза : решение высшего совета ЕАЭС от 26 декабря 2016 г. № 19. — URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 06.10.2021).
4. О единых подходах к организации пропуска лиц, транспортных средств и товаров в местах перемещения товаров через таможенную границу Евразийского экономического союза автомобильным транспортом : рекомендации коллегии Евразийской экономической комиссии от 04 августа 2017 г. № 17. — URL: <http://www.eurasiancommission.org/ru/> (дата обращения: 07.10.2021).
5. Об утверждении Стратегии развития ФТС России до 2030 года : распоряжение Правительства Российской Федерации от 23 мая 2020 года № 1388-р. — URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 07.10.2021).
6. Об утверждении показателей результативности, эффективности деятельности и индикативных показателей региональных таможенных управлений и таможен : приказ ФТС России от 29 декабря 2020 г. № 1159. — URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 06.10.2021).
7. Таможенная инфраструктура и субъекты рынка околотаможенных услуг стран Евразийского экономического союза. Аналитический обзор. — Москва, 2016. — URL: [<http://www.eurasiancommission.org/ru/>] (дата обращения: 07.10.2021).
8. Анализ состояния, динамики и тенденций развития таможенной инфраструктуры в местах перемещения товаров через таможенную границу стран Евразийского экономического союза, 2020 год. Аналитический обзор. — Москва, 2021. — URL: <http://www.eurasiancommission.org/ru/> (дата обращения: 27.10.2021).
9. Давыдов, Р. В. Современные технологии в работе таможенной службы, совершенствование электронных сервисов и ИТ-инфраструктуры таможенных органов, новые инициативы в сфере таможенного администрирования. — URL: https://www.alt.ru/expert_opinion/84297/ (дата обращения: 27.10.2021).

Инфокоммуникационные сервисы на автомобильных дорогах



И. А. Евстигнеев,
начальник управления
внедрения цифровых тех-
нологий ФАУ «Российский
дорожный научно-исследо-
вательский институт»



В. В. Шмытинский,
канд. техн. наук, профес-
сор кафедры «Электри-
ческая связь» ФГБОУ ВО
«Петербургский государ-
ственный университет
путей сообщения Импера-
тора Александра I»

В статье представлен анализ возможностей создания и последующей эксплуатации на автомобильных дорогах цифровой инфраструктуры, обеспечивающей широкий перечень сервисов для различных категорий пользователей.

Внедрение цифровых сервисов в процессы оказания транспортных услуг является в настоящее время главным конкурентным преимуществом, вследствие чего участники рынка по возможности активно внедряют инновационные цифровые решения в собственные бизнес-процессы вне зависимости от позиции государства и его действий. В данных условиях лучшей государственной политикой представляется:

- ускоренная цифровизация процессов государственного управления, в особенности процессов взаимодействия с хозяйственными субъектами;
- создание сквозных цифровых сервисов, снижающих транзакционные издержки бизнеса за счет естественной позиции государства как универсального гаранта прав и обязанностей любого хозяйствующего субъекта;
- налаживание эффективного международного сотрудничества в сфере цифрового развития транспорта.

Успешное внедрение цифровых технологий на транспорте сопровождается значительным числом положительных эффектов: снижением времени простоя, задержек и ожиданий транспорта; экономией операционных и капитальных затрат; ускорением бизнес-процессов; ростом производительности труда.

Организационно-методической основой развития интеллектуальных транспортных систем (ИТС) [1] служат национальные концепции развития ИТС, национальные архитектуры ИТС [8] и программы развития. Важным инструментом привлечения новых игроков на этот рынок стало формирование рыночных пакетов ИТС, в том числе на автомобильных дорогах федерального значения России.

Европейский парламент и Совет Европы в 2010 г. приняли закон 2010/40/EU «Об общих рамках для размещения интеллектуальных транспортных систем в сфере дорожного транспорта и взаимо-

действия с другими видами транспорта» [6], в котором были сформулированы приоритетные направления, правила и стандарты, используемые при создании ИТС. К настоящему времени основная часть процессов, функций, интерфейсов, протоколов обмена данными, требований к оборудованию и другим аспектам интеллектуальных транспортных систем в общем плане уже стандартизована на международном, а в развитых странах и на национальном уровне. Например, в США создана своя собственная всеобъемлющая архитектура ИТС, разработанная транспортным департаментом [7].

Существующие и перспективные тенденции технологического развития находят свое выражение в проводимых исследованиях и разработках технологий и методов, апробациях технологических решений и опытных образцов в части дорожного строительства, автомобилестроения, алгоритмов и подходов к организации логистических систем и сервисов, а также в смежных отраслях, в той или иной степени связанных с транспортом.

Тенденции технологического развития определяют следующие направления развития цифровых сервисов и услуг на автомобильных дорогах:

- интеграция автоматизированных систем управления, систем телематики и телекоммуникаций автомагистралей в масштабах России, а также национальных транспортных коридоров в систему транснациональных (международных) транспортных коридоров;
- инфокоммуникационное обеспечение функционирования и движения транспортных средств с высокой степенью автоматизации управления (включая так называемые беспилотные и подключенные транспортные средства);
- инструментальное, телекоммуникационное и информационное обеспечение движения автопоездов и караванов, в том числе в рамках транснациональных логистических коридоров;

- автоматизация логистических сервисов, в том числе мультимодальных логистических сервисов, а также обеспечение трансмодальной интеграции автодорожной логистики;

- автоматизация в области таможенного и экспедиторского сопровождения и мониторинга, интеграция с логистическими автоматизированными системами и с автоматизированными информационными системами транспортного управления в рамках страны, а также интеграция с аналогичными международными системами таможенного и экспедиторского учета и логистическими информационными системами;

- развитие экосистемы связанных облачных сервисов в автодорожной сфере (логистика, управление, платные услуги, пользовательские сервисы, оповещение и информирование и т. д.) и обеспечение их непрерывной доступности на дорожной сети;

- обеспечение движения автомобильного транспорта, использующего альтернативные источники энергии; развитие систем генерации электроэнергии на автомобильной дороге, систем электропитания и зарядки автомобильного транспорта; развитие и применение энергоэффективных технологий в рамках дорожной инфраструктуры;

- повышение потребности малых и средних населенных пунктов в зонах автомобильной транспортной доступности в их информационной и телекоммуникационной доступности.

В технологическом аспекте необходимо также учесть следующие общие тенденции:

- значительное развитие цифровых сетей передачи данных на базе оптических каналов и безусловное их использование при построении телекоммуникационной инфраструктуры автомобильных дорог;

- рост скоростей и объемов передачи данных в сетях связи, организуемых вдоль автомобильных дорог (как в сегментах транспортного управления и обеспечения безопасности на транспорте, так и в сегменте пользовательских информационных сервисов и наложенных информационных сервисов общего пользования);

- широкие возможности использования беспроводных систем передачи данных различной функциональной направленности (от узкополосных до широкополосных);

- объективную потребность и тенденции в уплотнении размещения энергообеспечивающего и приемопередаточного радиооборудования на автомобильных дорогах (сокращение интервалов и увеличение плотности размещения) и, как следствие, актуализацию вопросов исследования и специализированного проектирования электромагнитной совместимости объектов цифровой автодорожной инфраструктуры;

- развитие систем умного зрения, относящегося как к автомобильному транспорту, так и к инфраструктуре, в том числе на базе видеонаблюдения и на базе микроволновых радиолокационных систем.

Для внедрения сервисных услуг на первом этапе целесообразно выделить более детализированный набор структурных элементов ИТС, называемых рыночными пакетами.

Рыночные пакеты разрабатываются специально для разрешения реальных транспортных проблем и потребностей и могут использоваться как по отдельности, так и в комбинации. Они не предполагают увязки с конкретными технологиями инфокоммуникаций, однако, безусловно, их фактическая реализация зависит от существующего рынка технологий и товаров. По мере увеличения потребностей в транспортном сообщении, развития технологий и разработки новых устройств рыночные пакеты могут меняться и заменяться новыми.

Многие рыночные пакеты ИТС являются взаимосвязанными, помимо этого новейшие могут быть эффективно реализованы на базе ранее разработанных.

В области ИТС формирование комплексной цифровой сервисной платформы идет по двум основным направле-

ниям: телекоммуникационные услуги и сервисы для участников дорожного движения (рис. 1)

Построение инфраструктуры телекоммуникационных систем вдоль автодорог следует рассматривать как организацию системной формы взаимодействия всех видов связи на платных дорогах для наиболее эффективного использования телекоммуникационных ресурсов в комплексной цифровой сервисной платформе [9].

Спецификой телекоммуникационных систем, организуемых вдоль и в интересах организации ИТС дорог являются:

- протяженность на сотни километров;
- территориальная разнесенность узлов связи;
- плотная интеграция с дорожными сервисами по управлению дорогой;
- многовариантность применяемых систем, технологий и протоколов.

Целью создания телекоммуникационной инфраструктуры является необходимость соединения и взаимоувязывания компонентов различных подсистем ИТС, распределенных на большие расстояния в единой телекоммуникационной среде.

Создание единой телекоммуникационной среды позволяет:

- обеспечить обмен данными между абонентскими точками доступа, узлами сети и центрами обработки и хранения информации;
- объединить отдельные системы и сети связи в единую транспортную сеть связи ИТС;
- обеспечить мультисервисность сети связи (передача данных, голоса, видео по единой сети);
- создать масштабируемость (по полосе пропускания, охвату территории, количеству портов);



Рис. 1. Комплексная цифровая сервисная платформа



Рис. 2. Формирование комплексной сервисной платформы

- осуществлять контроль доступа, авторизацию и защиту информации;
- обеспечить поддержку качества обслуживания;
- осуществить поэтапное внедрение новых сервисов;
- обеспечить обмен данными между локальными компьютерными сетями служб оперативного управления различными видами транспорта в транспортных узлах с различными оперативными службами, функционирование диспетчерской службы;
- обеспечить обмен данными с компьютерными сетями органов управления.

Формирование информационной инфраструктуры в масштабах страны невозможно без развития магистральной инфраструктуры телекоммуникаций автодорог с обеспечением возможности подключения к сетям передачи данных вдоль их протяженности в организуемых точках доступа. Примером построения такой телекоммуникационной инфраструктуры служат скоростные платные магистрали, которые принципиально не могут функционировать, обеспечивая скорость, безопасность и комфорт пользователям, без организации на них комплекса ИТС [2,3]. Телекоммуникационная инфраструктура является базисной для реализации комплексной цифровой сервисной платформы и при этом наиболее инвестиционноемкой задачей [4,5].

Помимо задач, непосредственно связанных с движением транспортных средств, организуемая телекоммуникационная инфраструктура может и должна решать дополнительные задачи, необходимые для грузоперевозчиков и населения. Кроме того, использование организованной вдоль дорог телекоммуникационной инфраструктуры операторами связи для расширения и упрочнения своих магистральных каналов может способствовать укреплению государственной

задачи территориальной связности отдельных регионов и удаленных населенных пунктов.

Операторов связи могут заинтересовать также возможности аренды кабельной канализации для прокладки волоконно-оптических кабелей, аренда темных (свободных) оптических волокон и мест для установки телекоммуникационного оборудования вдоль дорог, а также возможность использования свободной емкости сетей передачи данных путем аренды широкополосных каналов связи.

При наличии лицензий Минкомсвязи на оказание телекоммуникационных услуг появляется возможность предоставления услуг связи физическим и юридическим лицам, как являющимся участниками дорожного движения, так и находящимся в зоне непосредственно около автомагистрали: доступ в сеть Интернет (в том числе по беспроводным технологиям), телефония, каналы передачи данных для различных корпоративных систем (видеонаблюдение, системы безопасности и т. п.).

Формирование комплексной сервисной платформы будет результатом объединения в единую функциональную структуру систем связи, серверов хранения и обработки данных, а также информационных систем, обеспечивающих формирование сервисов по определенным направлениям запросов и рыночных пакетов (рис. 2).

Наличие такой платформы и обеспечение необходимого доступа к ней вдоль дорог дает возможность широкого внедрения информационных сервисов, которые развиваются по двум направлениям: сервисы и дорожная информация, предоставляемые перед поездкой и во время поездки.

Сервисы и транспортная информация, предоставляемая перед поездкой, относятся к текущей ситуации на дороге и (или) движению транспорта и предоставляются прежде, чем будет принято решение о виде транспорта, времени и маршруте поездки.

Предоставляемая пользователям на дому, рабочем месте, парковках, остановках общественного транспорта или в пунктах пересадки между различными видами транспорта, такая информация содействует сокращению заторов за счет дачи рекомендаций по изменению маршрута, времени начала поездки, вида транспорта или отказу от поездки.

Часто такая информация поддерживает планирование маршрутов, когда пре-

доставляются сведения по всей поездке из одной точки в другую, даже если в ней используются различные виды транспорта. Надежная транспортная информация перед поездкой в некоторых случаях также способствует распределению поездок во времени и пространстве, делая их более сбалансированными. Для успешной реализации системы предоставления транспортной информации перед поездкой важно, чтобы система была удобной.

Персональные компьютеры, КПК, смартфоны, планшеты, справочные службы и автоматизированные системы поиска данных, дополняющие существующие взаимодействия «пользователь — оператор», способны существенно повысить доступность необходимой транспортной информации и, соответственно, усилить воздействие на поведение пользователей.

Сервисы и транспортная информация, предоставляемая во время поездки, включает информацию о текущей ситуации на дороге и (или) о движении транспорта и обычно предоставляется через устройства, установленные вдоль проезжей части или на приборных панелях транспортных средств.

На самой дороге по знакам и табло временной информации, а также посредством специальной радиостанции вещания на автомагистрали обычно передается информация о транспортных заторах, местах происшествий и проведения строительных работ, погоде, особых событиях, потенциально влияющих на проезд на конкретном участке и альтернативных маршрутах.

Бортовые и персональные мобильные устройства обеспечивают возможность передачи различной информации во время поездки как пользователям, так и операторам перевозок. Сложные системы маршрутизации помогают автомобилистам в планировании маршрутов, а также предоставляют своевременные указания посредством компьютерной синтезированной речи.

Перечень возможных информационных сервисов, которые уже в настоящее время могут предоставляться участникам дорожного движения, достаточно обширен и постоянно пополняется в зависимости от развития технологий получения и доставки информации. Пользователей этих сервисов можно классифицировать по трем группам.

Частные и корпоративные рыночные потребители:

- пользователи дорог;
- придорожные сервисы и сетевой ретейл товаров и услуг;

Таблица. Типовые пакеты пользовательских сервисов

Пакет пользовательских сервисов	Вид сервиса
Организация транспортных передвижений и движения транспорта	Предварительное транспортное информирование Информирование водителей в пути Прокладывание маршрута Организация совместного пользования транспортом (подбор пассажира с близким маршрутом и бронирование) Информация об услугах для участников движения Управление движением Управление при возникновении инцидентов Управление спросом на передвижение Замеры и снижение интенсивности выбросов загрязняющих веществ Управление пересечениями автомобильных и железных дорог
Управление общественным транспортом	Управление общественным транспортом Информация на общественном транспорте (в пути) Индивидуализированный общественный транспорт Безопасность на общественном транспорте
Электронные платежи	Услуги по приему электронных платежей
Коммерческие транспортные операции	Электронное прохождение таможенных процедур коммерческим грузовым автотранспортом Автоматизированная придорожная проверка безопасности транспорта Бортовой мониторинг безопасности Административные процессы в отношении коммерческого автотранспорта Безопасность опасных грузов и реагирование при возникновении инцидентов Управление движением грузов
Управление в чрезвычайных ситуациях	Уведомление о чрезвычайных ситуациях и обеспечение личной безопасности Управление подвижным составом в чрезвычайной ситуации Реагирование и эвакуация при возникновении катастроф
Передовые системы обеспечения безопасности подвижного состава	Предотвращение лобовых и задних столкновений Предотвращение боковых столкновений Предотвращение столкновения на перекрестках Улучшение видимости во избежание столкновения Готовность систем безопасности Системы снижения тяжести столкновения Автоматизированное управление подвижным составом
Управление информацией	Архивы данных
Управление содержанием и строительством	Операции по содержанию и строительству

- транспортные компании;
- операторы подключенного и беспилотного транспорта;
- территориально диверсифицированные корпоративные структуры;
- операторы проводной связи и передачи данных;
- операторы мобильной связи общего пользования;
- операторы обработки данных и облачных сервисов.

Эксплуатирующие организации:

- операторы автомобильных дорог;
- подрядные организации по осуществлению содержания автомобильных дорог.

Государственные органы:

- органы государственной власти;
- экстренные службы и силовые ведомства.

Общий перечень уже действующих и перспективных сервисов достаточно обширен, поэтому, как говорилось выше, целесообразно для удобства пользователей формировать рыночные пакеты (таблица).

Сервисы и транспортная информация, предоставляемая перед поездкой и во время поездки, делятся на статические и динамические.

Статическая информация определяется как заранее известные или запланированные события, а оперативная —

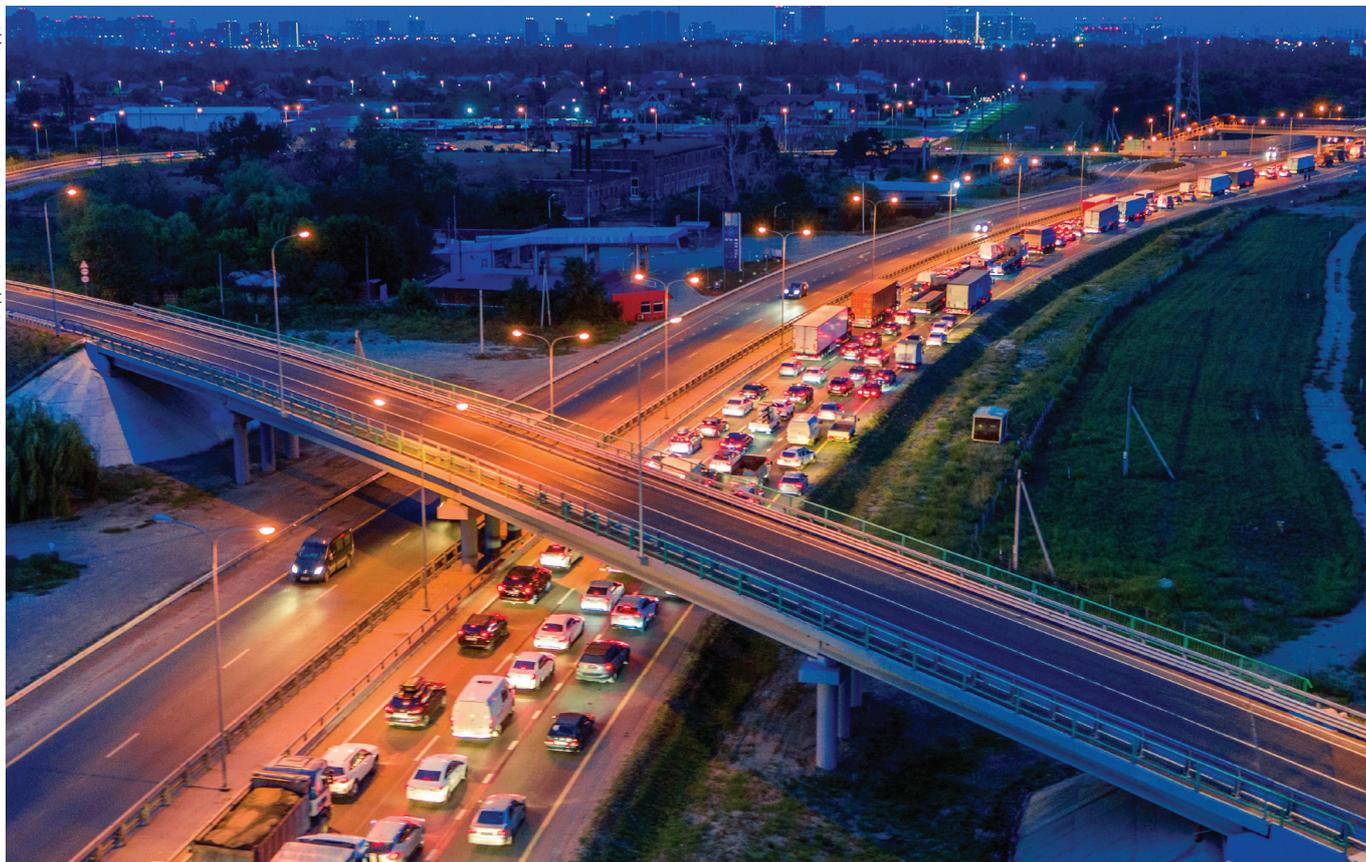
как наиболее актуальная информация, доступная в заданный момент времени. Оперативная информация отличается от статической тем, что постоянно меняется с учетом различных событий.

Статическая транспортная информация, запрашиваемая пользователями, включает, например:

- работы по строительству и содержанию, приводящие к сокращению количества полос на участке дороги;
- особые события, приводящие к значительному увеличению транспортных потоков, потенциально влияющему на движение на отдельных дорогах или участках дорог;
- ограничения на транспортные средства (по высоте, весу и т. д.);
- остановки общественного транспорта и стоимость проезда;
- точки продаж билетов для проезда в наземном пассажирском транспорте;
- места дислокации и пунктов взимания платы и стоимость проезда на платных дорогах;
- адреса АЗС и адреса станции техобслуживания;
- адреса точек общественного питания, гостиниц (мотелей) и туалетов;
- реестр стационарных объектов наблюдения (комплексы фото- и видеофиксации);
- места перехватывающих, платных и бесплатных парковок, места парковок такси;
- адреса штрафстоянок;
- реестр искусственных неровностей;
- адреса пешеходных зон и мест отдыха;
- места дислокации пунктов взвешивания транспортных средств;
- информацию о штрафах и нарушениях;
- телефоны экстренных и эвакуационных служб;
- правила дорожного движения.

Оперативная информация распространяется как перед поездкой, так и во время движения. Например, сведения о происшествиях важны как для тех, кто постоянно проверяет оперативную информацию об условиях проезда на своем стандартном маршруте, так и для тех автомобилистов, которые находятся на маршруте, где произошло происшествие. Оперативная транспортная информация, запрашиваемая пользователями, включает:

- условия проезда на дороге, связанные с задержками, такие как заторы, места происшествий и образования очередей;



- альтернативные маршруты, упрощающие проезд, в частности в случае временного закрытия дорог;
- информацию о погоде, в том числе о снеге, льде и тумане;
- информацию о наличии мест на парковках;
- видеонаблюдение за условиями дорожного движения;
- актуальные новости региона;
- навигатор;
- «Активный гражданин» (приложение для тех, кому не все равно, что происходит на автодороге);
- приложение для поиска машины (Take me to my car);
- паркинг (у водителя есть не только возможность находить стоянку определенного типа, но и оплачивать парковочное место в режиме онлайн);
- эвакуатор (приложение найдет ближайшие к водителю частные эвакуаторы).

Создание современной, комфортной и надежной транспортной инфраструктуры — одна из главных задач, поставленных перед дорожниками президентом РФ. Основным инструментом достижения стратегической цели стал национальный проект «Безопасные и качественные автомобильные дороги», стартовавший в 2019 г. и ставший логичным продолжением совместной работы федеральных и региональных

ведомств дорожного хозяйства. В свою очередь, формирование инфокоммуникационной среды федеральных автодорог является неременной составляющей в реализации этого проекта.

Независимо от способа предоставления эффективная транспортная информация должна быть своевременной, полной, точной, надежной, доступной по требованию. Кроме того, она должна восприниматься пользователями как соответствующая их потребностям и обеспечивающая ценность при ее использовании. В противном случае информация будет просто игнорироваться. **IT**

Литература

1. Евстигнеев, И. А. Интеллектуальные транспортные системы на автомобильных дорогах федерального значения России. — Москва : Перо, 2015. — 164 с.
2. Евстигнеев, И. А. Принципы организации сети связи государственной компании «Российские автомобильные дороги» / И. А. Евстигнеев, А. К. Канаев, В. В. Шмытинский // Транспорт Российской Федерации. — 2018. — № 4 (77). — С. 22–27.
3. Евстигнеев, И. А. Сеть связи государственной компании «Российские автомобильные дороги» / И. А. Евстигнеев, В. В. Шмытинский // Транспорт Российской Федерации. — 2018. — № 5 (78). — С. 68–72.

4. Грязев, А. Н. Методы развития транспортных сетей связи для цифровой экономики РФ / А. Н. Грязев, С. А. Ясинский, А. Н. Зюзин // Вестник связи. — 2018. — № 2. — С. 19–22.
5. Шнепс-Шнеппе, М. А. Цифровая экономика: телекоммуникации — решающее звено / М. А. Шнепс-Шнеппе, Д. Е. Намиот. — Москва : Горячая линия — Телеком, 2018. — 150 с.
6. Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/40/ЕС от 7 июля 2010 г. об общих рамках для размещения ITS (Intelligent Transport Systems) в сфере дорожного транспорта и взаимодействия с другими видами транспорта. — URL: <https://base.garant.ru/2571110/> (дата обращения: 10.09.2021).
7. Intelligent Transportation Systems Deployment. — URL: <https://www.its.dot.gov/> (дата обращения: 10.09.2021).
8. ГОСТ Р ИСО 14813–1–2011. Интеллектуальные транспортные системы. Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем. Часть 1. Сервисные домены в области интеллектуальных транспортных систем, сервисные группы и сервисы.
9. СТО АВТОДОР 8.5–2013. Технические и организационные требования к телекоммуникационным сервисам государственной компании «Российские автомобильные дороги».

Автоматизация планирования движения городского скоростного легкорельсового транспорта



А. М. Горбачев,
канд. техн. наук, доцент
кафедры «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте», заведующий научной исследовательской лабораторией «Функциональная диагностика» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»



П. А. Василенко,
генеральный директор
ООО «Имсап»

Внедрение программного обеспечения для планирования движения скоростного трамвая в Санкт-Петербурге позволило повысить уровень автоматизации и сократить затраты за счет сокращения числа однообразных операций.

Рост численности населения крупных городов требует непрерывной модернизации транспортной инфраструктуры. Ее развитие предполагает в том числе повышение средней скорости движения маршрутного транспорта за счет использования нового подвижного состава и внедрения современных технологий планирования организации движения. Относительно недорогим вариантом развития городского транспорта (по сравнению с прокладкой подземных тоннелей) является использование легкорельсового скоростного трамвая, движение которого осуществляется в одном уровне с общим потоком по выделенной линии с использованием систем автоматики и телемеханики, которые организуют приоритетный пропуск маршрутного транспорта [1, 2].

Внедрение скоростного трамвая имеет ряд особенностей, отличающихся от стандартной организации движения наземного электрического транспорта и непосредственно влияющих на планирование деятельности предприятия-перевозчика. К таким особенностям относятся следующие (на примере Санкт-Петербурга):

- увеличение средних скоростей движения;
- использование нового однотипного подвижного состава на всех скоростных линиях, что делает возможными пересадки подменных водителей внутри смены между маршрутами;
- отказ от использования кондукторов (для сокращения численности персонала и повышения производительности труда);
- наличие одноуровневых пересечений с автомобильным транспортом.

Эти организационные и инфраструктурные особенности ведут к необ-

ходимости использования ряда технических и технологических решений при планировании организации движения.

1. Необходимость отказа от закрепления водителей за транспортными средствами по причине их замены в течение одной смены, в том числе на разных маршрутах, для устранения простоев вагонов во время обеденных перерывов.

2. Использование систем автоматики и телемеханики для обеспечения безопасности движения подвижного состава аналогично применяемым в метрополитене и на железной дороге.

3. Отказ от кондукторов.

4. Использование системы приоритетного проезда маршрутных транспортных средств ввиду наличия одноуровневых пересечений с автомобильным потоком для обеспечения приемлемого времени ожидания на перекрестках.

Внедрение указанных технических и технологических решений оказывает непосредственное влияние на планирование движения и информационные системы, обеспечивающие автоматизацию управления предприятием. Информация об организации работы включает в себя маршрутные расписания, оперативные изменения в них, а также путевые листы, наряды выпуска транспортных средств и т. п.

Маршрутное расписание является основным документом, на основе которого предприятие-перевозчик осуществляет планирование работы транспортных средств на линии [3]. На базе построенного расписания выполняется распределение водителей по сменам, формирование путевых листов и нарядов выпуска подвижного состава. Для решения этих и других задач планирования организации движения была разработана автоматизированная система «Расписание транспорта» (АС «РТ») (рис. 1).

Основные особенности технологии составления расписаний для легкорельсового транспорта, реализованные в программном обеспечении АС «РТ», следующие:

- синхронизация движения маршрутов на общих участках трассы на основе работы модуля «Распределение транспортных средств»;
- использование математической модели гибридных расписаний движения для планирования интервалов движения;
- поддержка посекундного режима составления расписаний;
- использование как табличной, так и графической формы представления маршрутных расписаний для повышения наглядности отображения пользователю таких событий на линии, как стоянки и смены.

АС «РТ» имеет модульную структуру, которая отражает основные бизнес-процессы, связанные с планированием организации движения, начиная от распределения транспортных средств по маршрутам и нарядам и заканчивая табельным учетом водителей и кондукторов на основе исполненного расписания движения.

Система АС «РТ» включает в себя следующие модули и подсистемы:

- подсистема «Распределение транспортных средств по маршрутам»;
- подсистема «Книга пробегов»;
- подсистема построения расписаний;
- автоматизированное рабочее место (АРМ) «Отдел экономики»;
- подсистема «Наряд выпуска»;
- АРМ «Суточный диспетчер»;
- АРМ Центральной диспетчерской службы (АРМ ЦДС);
- подсистема «Табельный учет»;
- АРМ «Ревизор»;
- АРМ «Отдел кадров».

Модуль «Распределение транспортных средств по маршрутам» используется прежде всего при наличии участка трассы, общего для нескольких маршрутов. Число необходимых ТС по каждому маршруту определяется интервалами движения и продолжительностью стоянок на конечных станциях.

В качестве исходных данных для работы модуля используются данные о временах пробегов по трассам по периодам суток, планируемых стандартных стоянках на конечных станциях, а также интервалам движения транспортных средств.

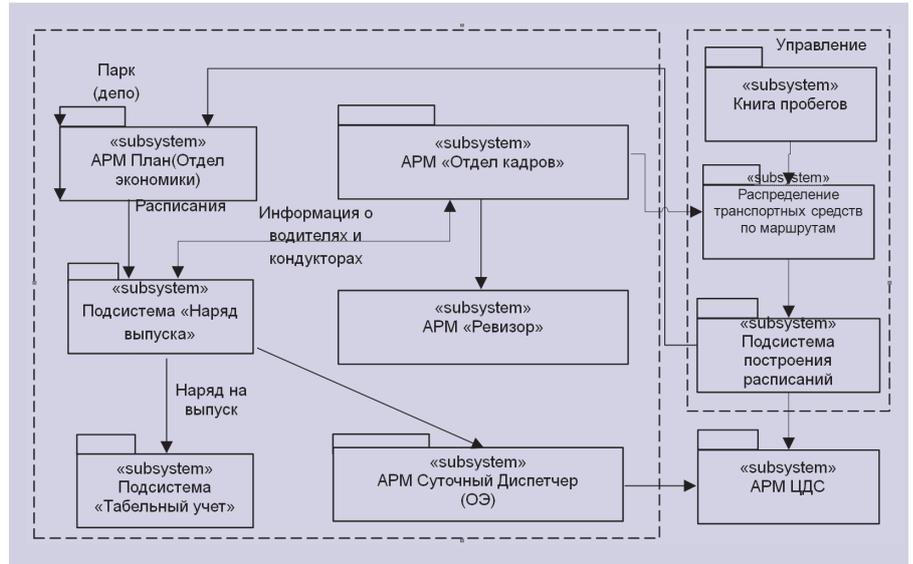


Рис. 1. Структура автоматизированной системы «Расписание транспорта» (АС «РТ»)

При наличии ограниченного числа ТС, а также при необходимости организации движения на общем участке значащих интервалов и продолжительности стоянок могут быть изменены в исходных данных составителем расписания для решения указанных задач.

Подсистема «Книга пробегов» предназначена для хранения информации о действующих маршрутах, трассах, перегонах (с указанными временами пробегов по периодам суток) и контрольных точках (КТ). Ими в терминах АС «РТ» являются парки (депо), конечные станции, между которыми осуществляется движение, а также концы перегонов, остановки и площадки для временного размещения транспортных средств. Концами перегонов служат места установки стрелок.

Подсистема построения расписаний предназначена для автоматизации создания расписаний на основе известного распределения транспортных средств по маршрутам и информации о пробегах по трассам. В АС «РТ» реализованы все основные режимы работы, характерные для систем автоматизации проектирования.

1. Ручной режим предназначен для пошагового составления расписаний с использованием отдельных функций, рассчитывающих значения времен при добавлении рейсов, изменении времени движения по каждой единице подвижного состава и т. д. Расчет продолжительности рейсов по данным пробегов выполняется автоматически при добавлении новых рейсов и корректировке существующих. Все операции редактирования могут применяться к несколь-

ким нарядам одновременно. В результате автоматизации наиболее трудоемких вычислений время построения расписаний уменьшается в несколько раз.

2. Автоматизированный режим позволяет рассчитать интервалы для известной структуры маршрутного расписания. Также возможен перерасчет только времен хода при изменении пробегов по трассам.

3. Автоматический режим выполняет генерацию структуры маршрутного расписания и расчет интервалов для типовых расписаний без участия оператора.

Подсистема построения расписаний (рис. 2) поддерживает математические модели периодических и гибридных расписаний движения, что позволяет как работать в стандартном режиме, так и планировать работу транспортных средств в ритмическом (циклическом) режиме [4].

Информационная система для построения расписаний поддерживает интерактивное отображение информации о стоянках, интервалах, продолжительности смен, точках слияния основной и парковых трасс и т. д. Реализовано представление маршрутных расписаний в табличной и графической форме.

График движения представлен в форме, принятой на железнодорожном транспорте и в метрополитене. На нем по горизонтальной оси отложены значения времени, а по вертикальной — расстояние между конечными станциями с указанием промежуточных контрольных точек по трассе маршрута.

При наличии различных трасс в прямом и обратном направлениях выполня-

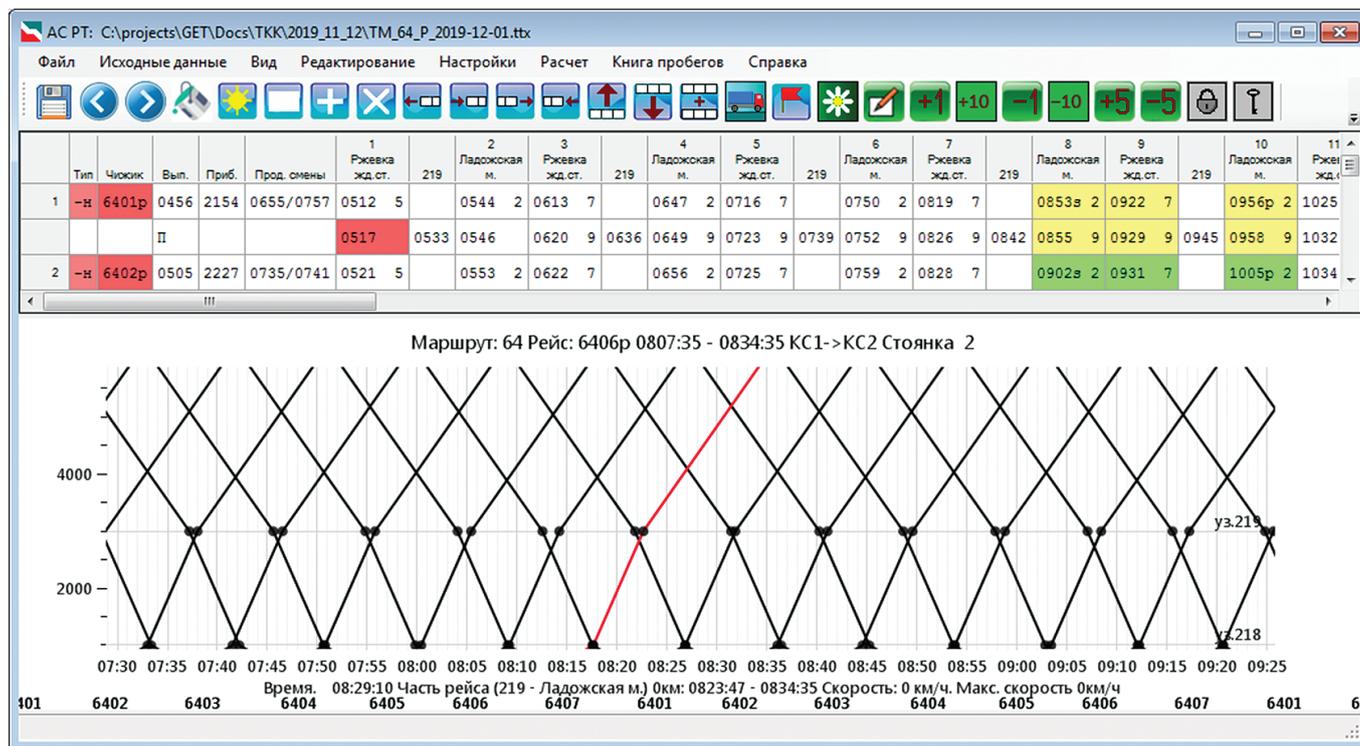


Рис. 2. Графическое и табличное представления расписания в автоматизированной системе «Расписание транспорта» (АС «РТ»)

ется автоматический поиск общих точек концов перегонов для прямого и обратного направлений и нормализация длин для отображения движения в прямом и обратном направлениях на одном графике. Это позволяет наглядно представить точки, в которых возможна встреча транспортных средств, движущихся в противоположных направлениях при решении задачи синхронного прохождения перекрестков. Также реализовано графическое отображение интервалов и стоянок на диаграммах.

АРМ «Отдел экономики» предназначено для решения следующих задач:

1. Добавление в базу данных расписаний, построенных в АС «РТ» с автоматическим расчетом подготовительно-заключительного времени работы водителей и кондукторов.

2. Понарядное и помаршрутное назначение планов по выручке и транзакциям для кондукторов по дням недели (при организации движения с использованием кондукторов на линии).

3. Изменение планов по выручке и транзакциям на заданный коэффициент (для определенного маршрута или всех маршрутов в зависимости от календарного дня).

4. Проверка расписаний на наличие ошибок.

5. Расчет подготовительно-заключительного времени работы водителей и кондукторов.

6. Автоматическое формирование плановых, статистических показателей и других выходных форм, составляемых на основе расписаний движения с учетом планов по транзакциям и выручки для парков.

7. Экспорт расписаний с введенными транзакциями и выручкой в программное обеспечение составления нарядов.

Использование АРМ «Отдел экономики» предполагается при организации движения с привлечением кондукторов на линии.

Подсистема «Наряд выпуска» [5] предназначена для распределения доступных водителей по нарядам каждого маршрута и назначения вагонов на работу. Персональная информация о водителях, графиках их работы, наличии действующего водительского удостоверения и медицинской справки загружается из АРМ «Отдел кадров».

Распределение водителей осуществляется с учетом необходимости соблюдения норм рабочего времени, графиков работы, отпусков и выходных дней. Расстановка вагонов осуществляется с учетом необходимости проведения технического обслуживания. После расстановки водителей и транспортных средств автоматически формируется наряд выпуска и путевые листы на соответствующий день. Весь объем сформированной информации передается в АРМ «Суточный диспетчер», с по-

мощью которого инженер по выпуску может внести оперативные изменения в наряд непосредственно при выходе подвижного состава из депо.

АРМ Центральной диспетчерской службы предназначено для решения следующих задач:

1. Реализация диспетчерской связи с транспортными средствами (на базе GSM-канала).

2. Групповое оповещение водителей записанными сообщениями (нештатные ситуации, метеоусловия, заторы и т. д.).

3. Вызов одного транспортного средства.

4. Протоколирование переговоров за заданный период времени для анализа нестандартных ситуаций.

5. Отображение полученных из модуля «Суточный диспетчер» данных о выпуске транспортных средств на линию на мониторах диспетчеров центральной диспетчерской службы.

Во время движения данные о произошедших инцидентах вводятся в АРМ «Ревизор» — систему, в которой хранится и обрабатывается информация о нестандартных ситуациях при работе на линии.

Данные о результатах транспортной работы в ручном или автоматическом режиме загружаются в АРМ «Табельный учет», откуда может быть выполнен экспорт сведений в бухгалтерию для начи-

сления зарплаты, а также сформированы выходные документы.

АС «РТ» реализована на базе микросервисной архитектуры на языке программирования C# [6] в качестве набора служб, имеющих веб-интерфейс для пользователя и взаимодействующих с помощью WebAPI со сторонними приложениями. Хранение информации осуществляется в централизованной базе данных, которая может быть расположена в облачном хранилище или на сервере предприятия. В рамках реализации задачи импортзамещения при разработке активно использовались технологии и модули открытого программного обеспечения, в том числе PostgreSQL [7] в качестве системы управления базами данных.

В 2019–2021 годах программное обеспечение АС «РТ» было внедрено в ООО «Транспортная концессионная компания» (проект «Чижик») для организации задач, связанных с планированием движения. В частности, для построения маршрутных расписаний скоростного трамвая по всем трассам, относящимся к предприятию-перевозчику, формирования путевых листов,

ведения табельного учета и хранения данных о регистрации водителей и прохождении медицинских осмотров.

Внедрение этого программно-го обеспечения позволило повысить оперативность и качество планирования организации движения, сократить время формирования и обработки документации за счет повышения уровня автоматизации труда и исключения человеческого фактора.

Полученный опыт эксплуатации автоматизированной системы «Расписание транспорта» может быть рекомендован для использования в других профильных организациях. ■

Литература

1. Шуров, Н. И. Перспективы легкорельсового транспорта в городах России / Н. И. Шуров, М. Ю. Никулин // Транспорт Российской Федерации. – 2011. – № 2 (33). – С. 26–29.
2. Федоров, В. А. Легкий рельсовый транспорт в Санкт-Петербурге / В. А. Федоров, С. В. Китаев // Транспорт Российской Федерации. – 2013. – № 4 (47). – С. 54–58.
3. Горбачев, А. М. Оптимизация постро-

ения расписаний городского электрического транспорта // Сборник материалов V Международной научно-практической конференции «ИнтеллектТранс-2015». – Санкт-Петербург : ПГУПС. – С. 228–230.

4. Gorbachev A. Model of Hybrid Timetables for High Speed Urban Tramway Movement // Proceedings of 18th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2020). Varna, Bulgaria. September 4–7, 2020. P. 491–497.
5. Каксимков, С. Г. Автоматизация синтеза нарядов выпуска подвижного состава городского электрического транспорта / С. Г. Каксимков, А. М. Горбачев // Интеллектуальные системы на транспорте : сборник материалов V Международной научно-практической конференции «ИнтеллектТранс-2015». – Санкт-Петербург : ПГУПС. – С. 231–235.
6. C# Language Specification 4.0. – URL: <https://www.microsoft.com/en-us/download/confirmation.aspx?id=7029> (дата обращения: 22.10.2020).
7. Спецификация PostgreSQL. – URL: <https://postgrespro.ru/media/docs/postgresql/9.5/ru/postgres-A4-fop.pdf> (дата обращения: 22.10.2020).

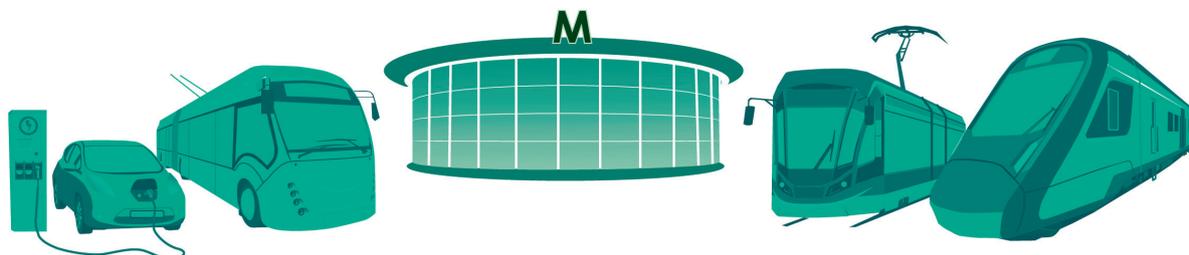


2022

11-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ЭЛЕКТРОТРАНС

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МОБИЛЬНОСТЬ,
ПРОДУКЦИЯ И ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА
И МЕТРОПОЛИТЕНОВ

Проводится в рамках Российской недели
общественного транспорта
www.publictransportweek.ru



www.electrotrans-expo.ru

11-13 МАЯ 2022 / МОСКВА / ЦВК ЭКСПОЦЕНТР

Система мониторинга инженерных конструкций на Пуровском мосту



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



Г. В. Осадчий,
зам. генерального дирек-
тора — главный инженер
ООО НТЦ «Комплексные
системы мониторинга»,
старший преподаватель
кафедры «Автоматика
и телемеханика на желез-
ных дорогах» ФГБОУ ВО
«Петербургский государ-
ственный университет
путей сообщения Импера-
тора Александра I»



Д. В. Ефанов,
д-р техн. наук, зам.
генерального директора
по научно-исследователь-
ской работе ООО НТЦ
«Комплексные системы
мониторинга», профессор
Высшей школы транспор-
та Института машино-
строения, материалов
и транспорта ФГАОУ ВО
«Санкт-Петербургский
политехнический универ-
ситет Петра Великого»,
профессор кафедры «Авто-
матика, телемеханика
и связь на железнодорож-
ном транспорте» ФГАОУ
ВО «Российский универси-
тет транспорта»



О. В. Мирошниченко,
руководитель проектов
монтажа и обслуживания
ООО НТЦ «Комплексные
системы мониторинга»



В. Ю. Кубрак,
начальник отдела
ООО НТЦ «Комплексные
системы мониторинга»

Описан состав системы мониторинга инженерных конструкций на первом мосту через реку Пур в Ямало-Ненецком автономном округе, которая позволяет фиксировать ненормативные воздействия на мостовые конструкции со стороны транспортных средств и климатические воздействия, контролировать техническое состояние моста, а также оперативно реагировать на фиксируемые события достижения граничных значений контролируемых параметров.

Река Пур протекает по территории Пуровского района Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) и течет на север по Западно-Сибирской равнине, впадая в Тазовскую губу Карского моря. Она образуется слиянием двух рек — Пякупур и Айваседапур, берущих начало на северных склонах Сибирских Увалов.

Река Пур судоходна, а на территориях, расположенных за ее восточным берегом, находятся нефтегазовые месторождения — в Пуровском, Тазовском и Красноселькупском районах ЯНАО. Отметим отдельно супергигантское уренгойское газовое месторождение, являющееся третьим по величине газовых запасов в мире.

Доставка грузов в эти регионы до октября 2020 г. с западного берега реки Пур производилась с использованием различных переправ (понтонно-мостовой и ледовой), а также средствами водного транспорта.

Тяжелые климатические условия и сложная береговая линия долгое вре-

мя служили препятствием к строительству стационарного мостового сооружения через Пур. Работы по строительству моста были начаты в конце 2018 г., а 16 октября 2020 г. он был сдан в эксплуатацию, получив название Пуровский мост [1].

Двухполосный мостовой переход расположен на участке автодороги III категории Уренгой — Заполярное в ЯНАО на расстоянии 179 км от устья реки и предназначен для пропуска автомобильного транспорта. Расчетная скорость движения на мосту и подходах к нему — 100 км/ч.

Мост состоит из десяти пролетных строений общей длиной 1023 метра, смонтирован на девяти опорах и двух устоях (рис. 1).

Особенностью Пуровского моста является то, что он был построен на деньги частных инвесторов, и с целью его окупаемости в течение 15 лет за проезд грузовых транспортных средств установлена плата в зависимости от их категории [1].

На мостовое сооружение оказывают влияния деформации от временной



Рис. 1. Пуровский мост



Рис. 2. Смонтированные акселерометры на объекте мониторинга

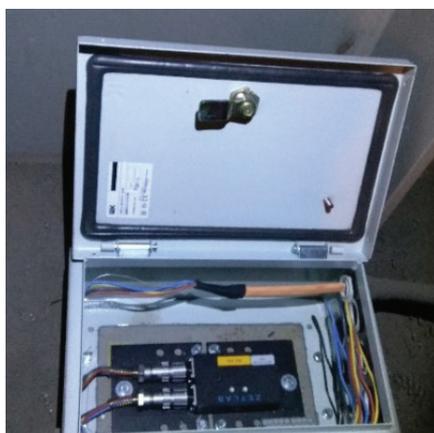


Рис. 3. Смонтированные тензометры на объекте мониторинга



Рис. 4. Смонтированные инклинометры на объекте мониторинга



Рис. 5. Смонтированная метеостанция на объекте мониторинга

нагрузки и температурные изменения. Отметка среднегодовой температуры воздуха колеблется в пределах $-4,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, а среднегодовые показатели влажности равны 68 %. Зимы здесь продолжительные и холодные (более 75 % дней в году). Самые низкие температуры приходятся на январь и февраль. Нередко в этот период столбики термометров опускаются ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, зачастую удерживаясь у отметки в $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Наиболее теплый период приходится на июль со среднемесячными температурами $+17,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для региона характерны резкие изменения температуры и сильные ветры.

Сочетание климатических условий с временными нагрузками может приводить к накоплению дефектов. Так как Пуровский мост является важнейшим сооружением с точки зрения экономики региона и предполагается высокая нагрузка на него в непрерывном режиме проследования транспортных средств (в том числе негабаритных) с минимальными периодами остановки движения на ремонтные работы, проектной документацией предусмотрено использование для получения параметров технического состояния мостового перехода системы мониторинга инженерных конструкций (СМИК).

Подобные системы широко используются для контроля техническо-

го состояния уникальных технических сооружений, куда относятся и мосты с определенными нормативной документацией особенностями [2–5]. Таким образом, необходимость оснащения Пуровского моста СМИК продиктована, с одной стороны, тем, что грузовые транспортные средства, проходящие через него, являются в основном негабаритными и дают высокую нагрузку на мостовые конструкции, а с другой — сложными метеоусловиями эксплуатации. Кроме того, мост имеет пролеты длиной более 100 м ($84 \times 2 + 105 \times 8$), что попадает под ГОСТ 22.1.12–2005 [6, 7] и требует оснащения его СМИК.

Структура и состав системы мониторинга

Целью использования СМИК на Пуровском мосту является снижение риска утраты несущими конструкциями своих свойств, отвечающих за надежность эксплуатации мостового сооружения, для исключения его перехода в ограниченно работоспособное или аварийное состояние, а также полной или частичной потери несущей способности. Система предназначена для контроля напряженно-деформированного состояния элементов мостового перехода и позволяет осуществлять мониторинг следующих параметров:

- перемещение торцов пролетного строения для определения температурных деформаций и их равномерности;
- отклонение вертикальных осей опор в двух плоскостях;
- угол поворота пролетов вокруг продольной оси;
- напряжение в верхнем и нижнем поясах главных балок пролетного строения в точках экстремумов расчетной эпюры моментов;
- частота колебаний и соответствующие им виброускорения пролетов моста для мониторинга его колебаний в ветровом потоке и от воздействия временных нагрузок.

Для контроля вертикальных и боковых перемещений пролетного строения диагностические датчики установлены в середину каждого пролета и контролируют перемещения двух точек на одном поперечнике. Это дает возможность оценки поворота пролетного строения вокруг продольной оси.

Контроль напряжений осуществляется датчиками, установленными в надпорных сечениях и в центрах каждого пролета в верхней и нижней точках поясов блоков балок вблизи стенок (для



Рис. 6. Смонтированные датчики линейных перемещений на объекте мониторинга

уменьшения эффекта запаздывания касательных напряжений). Требуется четыре точки на одно поперечное сечение. Контроль колебаний осуществляется в середине каждого пролета.

Основными параметрами, характеризующими надежность конструкций мостового сооружения, являются:

- абсолютное и относительное смещение конструкций;
- динамические параметры, влияющие на износ конструкций;
- напряженно-деформированное состояние пролетного строения;
- параметры окружающей среды.

Периферийное оборудование СМИК включает в себя следующие приборы:

- 20 акселерометров ZET 7152-N, смонтированных в шкафах внутри пролетных строений на нижних ортотропных плитах в центре каждого пролета (по 2 датчика на пролет) (рис. 2);
- 76 цифровых тензометров ZET 7110 DS, установленных в шкафах укрытия внутри пролетных строений на нижней и верхней ортотропных плитах (по 4 датчика в центре пролетов и в районе опор) (рис. 3);
- 32 инклинометра ZET 7154, установленных в шкафах укрытия на ригелях опор (по 2 шт.) и в середине пролетного строения (по 1 шт.) (рис. 4);
- одна дорожная автоматическая метеорологическая станция RWS 200, смонтированная на подходах к мосту со стороны Уренгоя (рис. 5);
- 4 датчика линейных перемещений LVDT RL600, установленных между устой и пролетным строением (1-й устой и 1-й пролет, 11-й устой и 10-й пролет) (рис. 6).

Для сбора первичной диагностической информации с датчиков каждого

пролета используется по одному шкафу сбора данных (всего 10 единиц). Диагностическая информация концентрируется и транспортируется по кабельным сетям передачи данных на сервер и выдается на автоматизированное рабочее место (АРМ), расположенное в здании поста транспортной безопасности со стороны Уренгоя.

На рис. 7 приведен скриншот технологического окна с выделенными измерениями по трем осям акселерометра. Оси при монтаже ориентированы следующим образом: Y — поперек пролета, X — вдоль пролета, Z — вертикально по отношению к пролету. Наибольшие разбросы в значениях зафиксированы по оси Z, что объясняется наибольшими воздействиями на пролет именно в вертикальной плоскости при движении транспортных средств. По остальным осям ускорения имеют гораздо меньший разброс в значениях.

Анализ данных осуществляется техническим персоналом, однако в перспективе данная функция может быть автоматизирована. Аналогично выводятся измерения по всем датчикам в системе мониторинга.

С метеостанции поступают данные, характеризующие состояние и температуру дорожного покрытия для движения, температуру замерзания жидкой смеси на дорожном покрытии, опасность образования гололеда, скорость и направление ветра, наличие осадков, их вид и интенсивность, влажность и температуру воздуха, дальность видимости и толщину водяной пленки. Это позволяет формировать данные для информирования водителей транспортных средств о скоростных ограничениях при наличии ту-

мана или плохих условий видимости на мостовом переходе.

В самой метеостанции расположен промышленный компьютер с собственной базой данных для сбора информации с датчиков. Получаемая информация по кабельной сети передается на сервер системы и в АРМ диспетчера (рис. 8).

Состояние покрытия измеряется с использованием бесконтактного оптического датчика, работающего с отражением модулированного оптического сигнала. Он устанавливается сбоку от дорожного покрытия (выше уровня проезжей части на 4 м) и своей измерительной частью направляется на проезжую часть таким образом, чтобы расстояние между поверхностью измерения и оптическим элементом находилось в пределах 6–15 м.

Датчик фиксирует наличие на поверхности влаги, снега и льда, измеряет толщину водяной пленки, температуру поверхности и точку замерзания. По этим данным рассчитывается также и относительная величина содержания ледяных частиц в жидкости, покрывающей дорогу. По изменению этой величины удается фиксировать начало гололедаобразования. Полученные данные можно использовать не только для координации действий водителей транспортных средств, но и как сигнал к проведению противогололедной обработки.

Температуру дорожного покрытия измеряют с помощью бесконтактного пирометра, интегрированного в датчик. Толщину водяной пленки оценивают методами бесконтактной оптической спектроскопии.

Обработка получаемой первичной диагностической информации программными средствами СМИК подразумевает:

- визуализацию текущего состояния объекта мониторинга (измеренные значения в контрольных точках, табличные формы, диаграммы и графики);
- сохранение данных за выбранный промежуток времени;
- построение графического отображения изменения значения по каждому датчику за выбранный промежуток времени;
- проверку параметров на соответствие расчетным величинам;
- сортировку данных по задаваемым критериям;

• рекомендуемые решения по безопасной эксплуатации мостового сооружения.

Основным инструментом анализа собираемых данных является сравнение с внесенными граничными значениями по каждому из параметров, а также экспертная оценка технологом-аналитиком. Настоящие технические решения по СМИК не подразумевают проведения детального интеллектуального анализа диагностической информации, что возможно при наращивании базы измеренных параметров и развитии технологического и программного обеспечения [8–12].

Особенности внедрения и эксплуатации

СМИК была смонтирована и внедрена до начала движения по мосту 16 октября 2020 г. Однако, как известно, недостаточно только поставить и смонтировать систему, поскольку без своевременного содержания она постепенно придет в негодность. Поэтому сама деятельность по поддержанию работоспособности СМИК и ее совершенствованию в процессе эксплуатации является определяющей: важно не просто внедрить систему мониторинга, а получить от нее максимальный эффект.

В процессе эксплуатации системы был выявлен серьезный недостаток самого проекта мониторинга — все периферийные объекты (шкафы с оборудованием каждого из десяти пролетов мостового сооружения) были соединены кабелем по линейной топологии. Использование именно такой топологии привело при обрыве волоконно-оптической линии связи между шкафами третьего и четвертого пролетов к потере связи с оборудованием шкафов первого, второго и третьего пролетов. Диагностические данные до момента восстановления канала связи, к сожалению, были утеряны. Однако ввиду того что мост является абсолютно новым, это не повлияло на дальнейшую качественную его эксплуатацию.

Линейная топология, использованная при проектировании СМИК на мостовом сооружении, оправдана отсутствием требований по резервированию и диверсифицированию аппаратных и программных средств подобных систем и, в принципе, самим объектом мониторинга, являющимся географически распределенным на сотни метров.

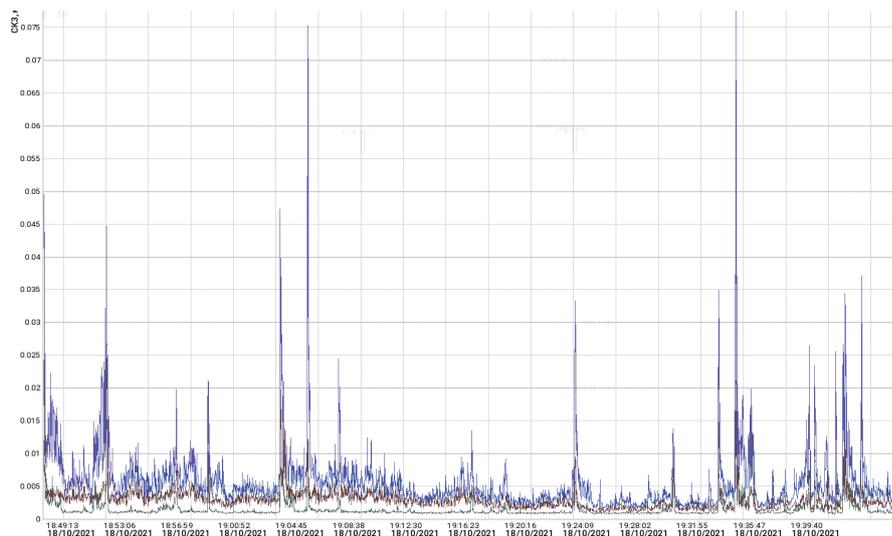


Рис. 7. Внешний вид технологического окна АРМа СМИК



Рис. 8. Внешний вид технологического окна с метеоданными

В ходе совершенствования СМИК на Пуровском мосту было принято решение модифицировать линии связи и использовать кольцевую топологию, что повышает надежность каналов. Более совершенные с позиции надежности топологии «звезда», полносвязный граф или структура, описанная в [13], не рассматривались в силу того, что они приводят к серьезному расходу кабеля и использованию дополнительных маршрутизаторов. Тем не менее указанные топологии можно было бы учитывать при развитии СМИК и использовании их как звеньев обратных связей в управлении и передаче информации на объекты регулирования движением, в том числе при совершенствовании СМИК до систем, стандартизируемых по различным уровням полноты безопасности, что актуально, например, для транспортных приложений [14, 15].

Проектом СМИК на Пуровском мосту не были предусмотрены технические решения по защите датчиков физических величин от внешних воздействий (например, в процессе производства пескоструйных и малярных работ). На основании опыта эксплуатации

подобных систем на других объектах в рабочую документацию были включены технические решения по установке шкафов укрытия для датчиков.

В соответствии с проектом все кабельные линии внутри моста были протянуты в трубе ПНД-100 SDR17 с выходами в районе шкафов посредством сварных неравнопроходных тройников 110×90×110 SDR17. Однако ввиду того что коэффициенты температурных деформаций металлических конструкций и трубы ПНД разные, данное техническое решение оказалось нежизнеспособным, что также было учтено при совершенствовании аппаратных средств мониторинга. Первоначально были согласованы распилы трубы в местах выхода к шкафам. Позже планируется замена трубы на металлический лоток.

Сегодня СМИК на Пуровском мосту работает стабильно. В октябре 2021 г. проведено обновление программного обеспечения. По просьбе заказчика планируется перенос АРМа системы мониторинга из помещения транспортной безопасности, расположенного на правом берегу реки, в пункт взимания платы за проезд по мостовому

сооружению, расположенный на левом берегу. Это позволит повысить эффективность работы технического персонала с системой мониторинга.

Отмеченные особенности работы СММК на Пуровском мосту позволяют усовершенствовать ее аппаратно-программные средства и сделать систему более удобной в эксплуатации и использовании для принятия решений по работе мостового сооружения. Кроме того, полезный опыт эксплуатации СММК на данном объекте позволяет учесть внесенные изменения в технические решения на других эксплуатируемых и разрабатываемых объектах.

Система мониторинга инженерных конструкций на Пуровском мосту представляет собой техническое средство не только сбора и анализа данных о ключевых параметрах сооружения, но и инструмент учета действующей нагрузки для выработки рекомендаций по его эксплуатации и содержанию. Кроме того, наличие системы мониторинга позволяет при неблагоприятных для эксплуатации условиях ограничивать движение транспортных средств на мосту, что исключает неприятные ситуации с возникновением дорожно-транспортных происшествий при стихийных катаклизмах [16].

В будущем возможно совершенствование аппаратно-программных средств с реализацией в них цифровых моделей и программных модулей комплексной аналитики и прогнозирования изменений. Для этого необходимо получить большой объем диагностических данных с различными циклами выборки (по месяцам, временам года, годам и пр.) с учетом различных климатических параметров и того, что являлось воздействием на объект мониторинга при той или иной зафиксированной аномалии. В развитии методов мониторинга сложных искусственных сооружений могут быть полезны не только достижения ученых в рассматриваемых приложениях, например, описанные в упомянутом ранее обзоре [10], но и результаты исследований в смежных транспортных отраслях [17]. При должном развитии систем мониторинга возможна их увязка с техническими средствами регулирования дорожного движения подобно тому, как это предполагается для систем мониторинга искусственных сооружений железнодорожного комплекса [14, 15].

В заключение отметим, что внедрение систем мониторинга является первым шагом к получению так называемых цифровых мостов. Фактически их наличие позволяет получать те первичные диагностические данные, которые будут «оживлять» математические модели, формирующие облик цифрового моста. Это, несомненно, является еще одним шагом к оптимизации затрат на эксплуатацию мостовых сооружений, а также к совершенствованию технологий их содержания и вообще управления движением в транспортной отрасли. ■

Литература

1. Пуровский мост. – URL: <https://purmost.ru> (дата обращения: 19.10.2021 г.).
2. Andersen J. E., Vesterinen A. Structural Health Monitoring Systems. Denmark, COWI A/S, 2006. – 125 p.
3. Belyi A. A., Karapetov E. S. and Efimenko Yu. I. Structural Health and Geotechnical Monitoring During Transport Objects Construction and Maintenance (Saint-Petersburg Example) // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 189. P. 145–151.
4. Белый, А. А. Интегральный мониторинг моста Александра Невского / А. А. Белый, А. А. Белов, А. И. Ященко [и др.] // Путь навигатор. – 2020. – № 45 (71). – С. 38–45.
5. Аганов, И. А. Система структурированного мониторинга на автодорожном мосту через реку Обь вблизи Сургута / И. А. Аганов, Г. В. Осадчий, Д. В. Ефанов [и др.] // Мир дорог. – 2021. – № 139. – С. 108–110.
6. Белый, А. А. Автоматизация процесса управления техническим состоянием искусственных сооружений Санкт-Петербурга за счет применения средств инструментального мониторинга / А. А. Белый, А. А. Белов, Г. В. Осадчий [и др.] // Автоматика на транспорте. – 2018. – Т. 4. – № 3. – С. 380–406.
7. Belyi A., Shestovitskii D., Myachin V., Sedykh D. Development of Automation Systems at Transport Objects of Megacity // Proceedings of 17th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDT'S'2019), Batumi, Georgia. September 13–16, 2019. P. 201–206.
8. Sokolov S. A., Plotnikov D. G., Grachev A. A., Lebedev V. A. Evaluation of Loads Applied on Engineering Structures Based on Structural Health Monitoring // International Review of Mechanical Engineering (IREME), 2020. Vol. 14. No. 2. P. 146–150.
9. Efanov D. V., Myachin V., Osadchiy G., Zueva M. Filtration of Diagnostic Data for Retrospective Analysis in Health Monitoring Systems of Engineering Structures // Proceedings of 18th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDT'S'2020), Varna, Bulgaria. September 4–7, 2020. P. 189–196.
10. Sun D. L., Shang Z., Xia Y., Bhowmick S., Nagarajaiah S. Review of Bridge Structural Health Monitoring Aided by Big Data and Artificial Intelligence: From Condition Assessment to Damage Detection // Journal of Structural Engineering. 2020. 146 (5) : 04020073.
11. Грачев, А. А. Автоматизация расчета локальных напряжений в элементах коробчатого сечения пролетных строений с ездовыми балками по данным непрерывного мониторинга / А. А. Грачев, Г. И. Никитин, Д. Г. Плотноков [и др.] // Автоматика на транспорте. – 2021. – Т. 7. – № 2. – С. 216–230.
12. Cury A., Ribeiro D., Ubertaini F., Todd M. Structural Health Monitoring Based on Data Science Techniques. Springer International Publishing, 2022. Vol. 21. – XVIII+474 p.
13. Подлазов, В. С. Расширение возможностей системной сети «Ангара» / В. С. Подлазов, М. Ф. Каравай // Проблемы управления. – 2020. – № 2. – С. 47–56.
14. Ефанов, Д. В. Увязка систем управления с техническими средствами диагностирования и мониторинга объектов инфраструктуры / Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий, И. А. Аганов // Автоматика, связь, информатика. – 2021. – № 6. – С. 25–29.
15. Ефанов, Д. В. Барьерная функция систем мониторинга в увязке с системами управления движением поездов / Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий, И. А. Аганов // Транспорт Российской Федерации. – 2021. – № 3. – С. 51–56.
16. Шквальный ветер повалил контейнер с фуры на Золотом мосту во Владивостоке / Новости Владивостока и Приморья. – URL: <https://prim.news/2020/09/03/shkvalnyj-veter-portalil-kontejner-s-fury-na-zolotomostu-vo-vladivostoke/> (дата обращения: 18.10.2021 г.).
17. Мухачев, П. А. Современные методы машинного обучения для анализа технического состояния космических аппаратов по данным телеметрической информации / П. А. Мухачев, Т. Р. Садретдинов, Д. А. Притыкин [и др.] // Автоматика и телемеханика. – 2021. – № 8. – С. 3–38.

Влияние изменения профиля рельса на его напряженно-деформированное состояние



Д. В. Ефанов,
д-р техн. наук, доцент,
профессор Высшей школы
транспорта (ВШТ)
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (ФГАОУ ВО «СПбПУ Петра Великого»)



Д. Г. Плотников,
канд. техн. наук, доцент
Высшей школы транспор-
та (ВШТ) ФГАОУ ВО
«СПбПУ Петра Великого»



А. А. Грачев,
канд. техн. наук,
и. о. директора ВШТ
ФГАОУ ВО «СПбПУ
Петра Великого»



А. А. Семенов,
инженер-конструктор
АО «ЦМКБ «Алмаз»



А. В. Баните,
ассистент
ВШТ ФГАОУ ВО «СПбПУ
Петра Великого»



И. В. Лесковец,
канд. техн. наук., заведу-
ющий кафедрой «Транс-
портные и технологиче-
ские машины» МОУ ВО
«Белорусско-Российский
университет»

В статье обосновано предложение использовать технологию позиционирования подвижных единиц на железнодорожном пути, связанную с интеграцией рельсов и оптоволоконного кабеля. Проведены исследования влияния места расположения и глубины выемки на напряженно-деформированное состояние рельса¹. Предлагаемые решения позволяют реализовать новую систему интервального регулирования движения поездов, названную авторами оптической автоблокировкой с подвижными блок-участками.

На железнодорожном транспорте для организации безопасного движения поездов используется их пространственное разделение [1–3]. Такой подход подразумевает деление пути на участки для движения и размещение на одном таком участке только одного поезда. Его наличие контролируется с помощью специализированных датчиков.

В качестве датчиков контроля используются рельсовые цепи и счетчики осей [4–7]. Их особенностью является то, что они контролируют местоположение поезда в заранее зафиксированных границах, которые определяются тяговыми расчетами для конкретного участка железнодорожной линии.

При выборе длины участка учитывается профиль пути, а также особенности обращающихся поездов. Она высчитывается с учетом необходимой остановки в пределах участка поезда с максимально допустимым весом, следующего с максимально допустимой скоростью [8]. Именно такой подход к организации движения на железнодорожном транспорте сложился еще со времен возникновения железных дорог, то есть фактически в эпоху механизации и развития промышленности [9].

Развитие техники и технологий, теории информации и кодирования, способов реализации устройств и систем управления и передачи данных способствовали формированию новых способов коммуникации. Однако в сфере консервативного

железнодорожного транспорта мгновенного проникновения информационных технологий не произошло.

В России до сих пор основным способом трансляции данных на тяговую единицу о свободности впередилежащего пути является передача через рельсы. Между тем более современный способ позиционирования подвижных единиц на участках железнодорожных линий используется в ряде развитых стран Европы, Азии, Америки и основан на применении подвижных, а не стационарных участков.

Участком при этом является сам поезд и некоторое расстояние до и после него. Такая технология называется позиционированием с «плавающим» блок-участком. Поезд ограждается защитными участками для исключения столкновений с впередиидущим или позадиидущим поездами [10]. При этом используется радиоканал для управления движением, а также дополнительные устройства для комплексирования данных и обеспечения высокой достоверности и безопасности движения поездов.

Для передачи данных на бортовые средства локомотивов при управлении движением по радиоканалу применяются пассивные радиочастотные метки в составе бализ, считываемые при проходе локомотива с установленными приемными устройствами с активными радиочастотными метками [11].

Бализа привязана к конкретной координате пути, что позволяет идентифи-

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания по теме «Реализация комплекса мер по повышению эффективности деятельности Российско-Армянского (Славянского) и Белорусско-Российского университетов» (дополнительное соглашение от 08.07.21 № 075-03-2021-050/5).

цировать местоположение подвижной единицы. Такие средства применяются при спутниковой навигации для движения поездов [12, 13]. Также как дополнительные навигационные средства могут использоваться показания одометрии и анализ данных от средств оптического взаимодействия со шпалами [14].

Сегодня при разработке систем управления движением поездов можно стремиться решить задачу не только регулирования самого движения, но и реализации комплексных самодиагностируемых систем управления и мониторинга инфраструктуры. Это возможно за счет следования за биологическим миром и тенденциями реализации биоподобных технологий, адаптации решений и более тесной их интеграции.

На железнодорожном транспорте рельсы выполняют функцию не только «направляющих» для движения поездов, но и передачи данных с целью регулирования скорости их перемещений по участкам, а также контроля целостности самого пути. Тем не менее не все дефекты возможно зафиксировать без применения дополнительных средств технического диагностирования и мониторинга. Для этого применяются специализированные подвижные единицы углубленной диагностики и неразрушающего контроля.

Мы поставили перед собой цель исследовать возможность более тесной интеграции средств контроля пути и самих рельсов для дальнейшего совершенствования принципов управления движением поездов.

Для достижения цели сформулированы задачи:

- 1) выбрать технологию, позволяющую наделять рельсы новым свойством — самодиагностированием;
- 2) разработать принципы получения данных о техническом состоянии пути (с учетом возможных дефектов);
- 3) определить пути реализации новой технологии для управления движением.

В целом статья дает представление о новой технологии организации управления движением поездов, позволяющей усовершенствовать принципы эксплуатации железнодорожного комплекса.

Описание технологии

Для организации системы управления движением поездов необходимо решить несколько задач. Первая состоит в получении данных о местоположении

подвижной единицы в любой момент времени. Вторая связана с получением данных о весе движущегося поезда. Третья требует вычисления скорости движения в любой момент времени. Четвертая — это контроль исправности пути и элементов подвижного состава. Все эти задачи могут быть решены с применением оптических технологий и комплексирования данных от нескольких источников информации.

Интерес представляет закрепление определенным образом на рельсе оптоволоконного кабеля на всей протяженности пути и контроль с применением специализированного оборудования спектра сигнала в нем [15]. В известных ранее решениях, применяемых в качестве экспериментальных, использовалось расположение кабеля в междупутье и в грунте рядом с железнодорожным путем [16, 17].

Такое размещение не столь эффективно. Следуя за принципами модификации и адаптации существ из биологического мира, предложим применение биоподобных технологий и при модернизации рельсового пути. Видоизменим профиль рельса таким образом, чтобы в нем можно было надежно закрепить оптоволоконный кабель на определенной протяженности.

Для размещения кабеля используем выемки определенного диаметра и глу-

бины. Например, с диаметром 10 мм и глубиной 5 мм для размещения в такой выемке кабеля диаметром не более 10 мм (рис. 1).

Для выбора оптимального расположения выемки необходимо решить следующие задачи:

- определить, как меняется напряженно-деформированное состояние (НДС) рельса при воздействии вертикальной нагрузки от движущегося состава при изменении расположения выемок и их глубины на нем;
- выявить варианты расположения выемок, менее всего влияющих на максимальные механические напряжения в сечении рельса. При этом амплитуда напряжений при приложении и снятии нагрузки должна быть не равной 0;
- определить способ контроля весовой нагрузки на путь.

Решение обозначенных задач вполне позволяет говорить о возможностях применения тесной интеграции рельса и оптоволоконного кабеля для использования такой технологии в составе перспективной системы управления движением поездов, в которой будут использованы следующие ключевые принципы:

- контроль местоположения подвижного состава не только в пределах дискретного участка для движения, но и реа-

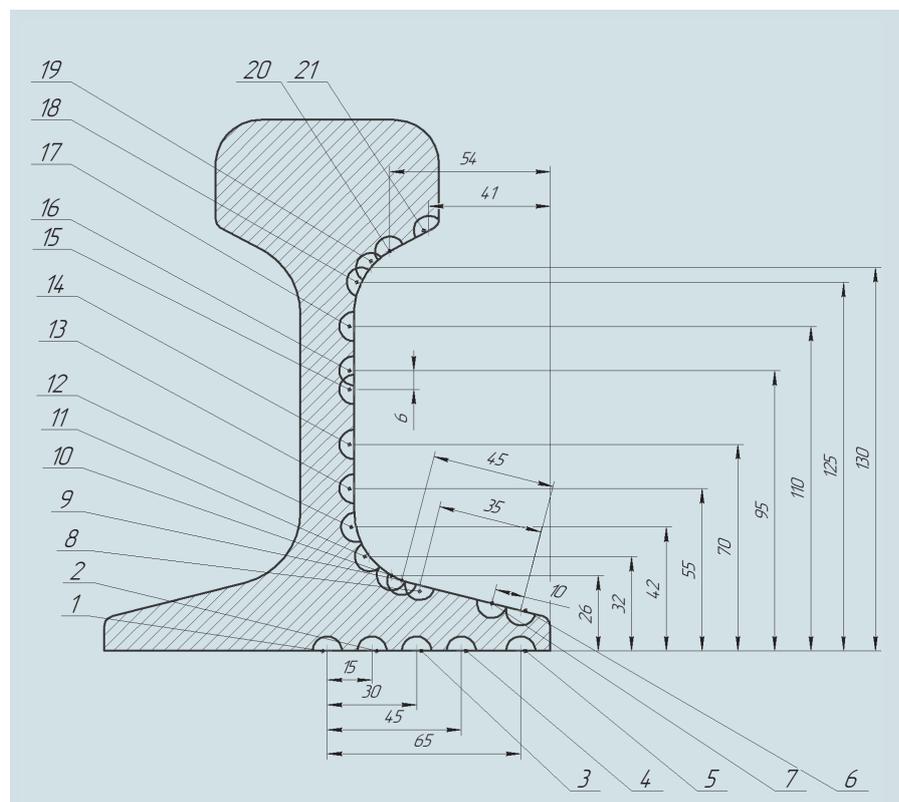


Рис. 1. Расположение выемок по кромке рельса

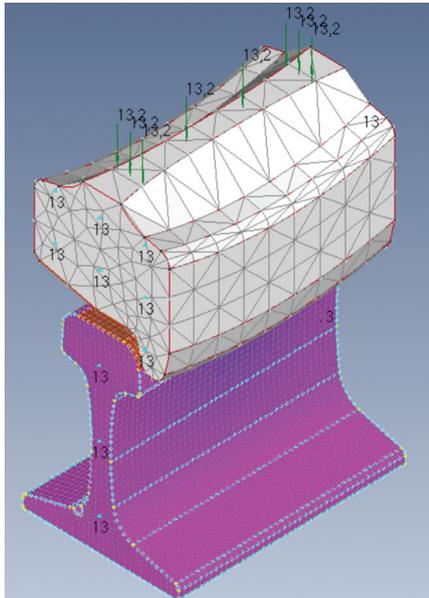


Рис. 2. Пример нагружения рельса с выемкой

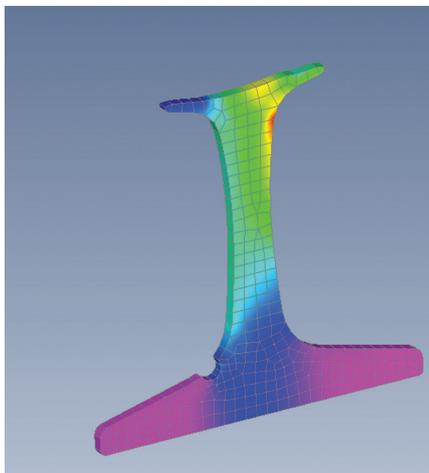


Рис. 3. Пример модели с результатами нагружения

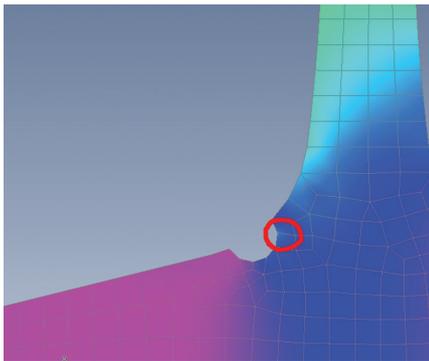


Рис. 4. Пример максимальных напряжений в выемке

лизация технологии «подвижного» блока участка (вполне вероятно, что здесь потребуется комплексирование данных, получаемых не только от оптоволоконного кабеля, ведь при полной остановке поезда важно не упустить данные о координатах его начала и конца);

- реализация функции передачи скорости на бортовые средства для движения без применения светофорной

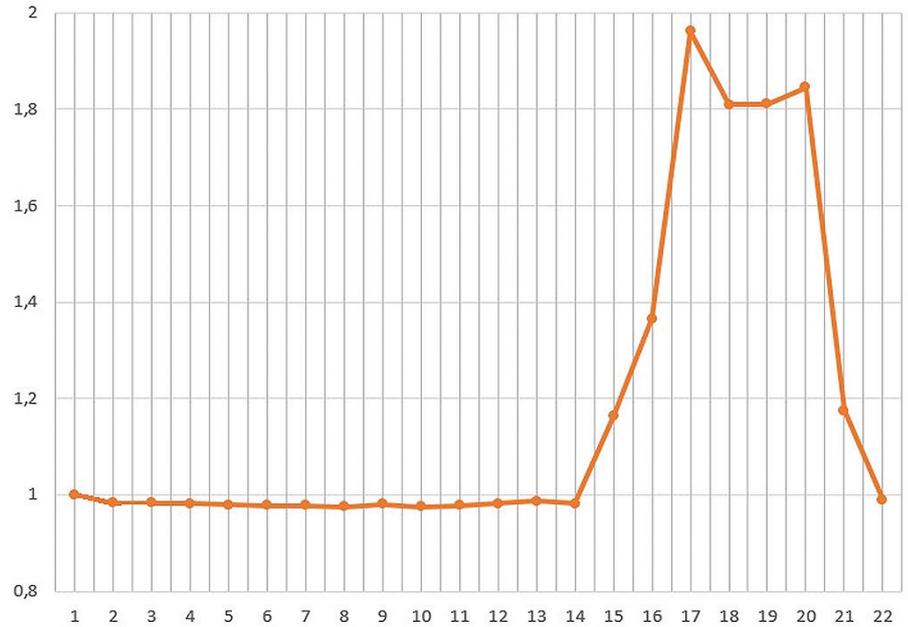


Рис. 5. Коэффициент концентрации напряжений в зависимости от варианта размещения выемки

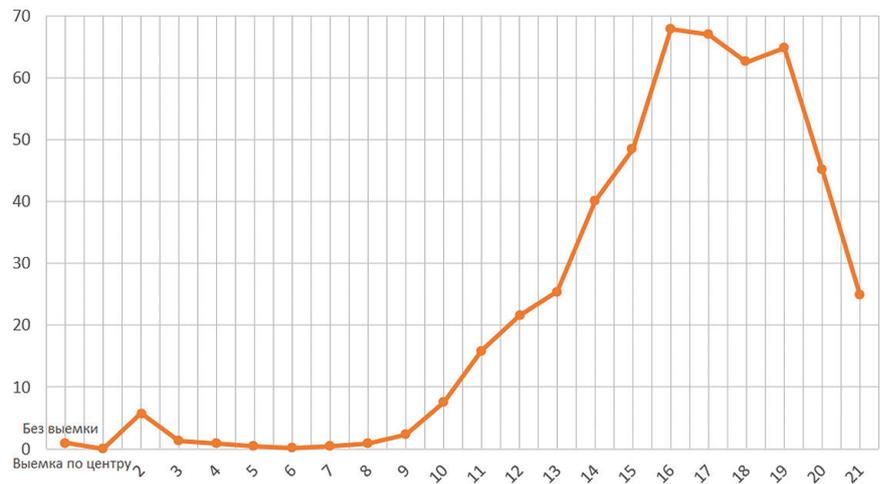


Рис. 6. Максимальные напряжения в зонах влияния выемок

сигнализации, а только с учетом параметров веса и скорости впереди идущего поезда и данного;

- самодиагностирование пути и подвижного состава на всей протяженности участка для движения.

Исследование влияния расположения выемки на напряженно-деформированное состояние рельса

Моделирование влияния нагрузок на рельс проводилось для различных вариантов расположения выемок в рельсе. Они располагались так, как это показано на рис. 1 вдоль кромки сечения от подошвы до верхней части шейки с интервалом 15 мм. Выемки были рассмотрены как с обеих сторон рельса, так и с симметричным расположением. Для исследования был выбран рельс марки

Р65, параметры которого взяты из ГОСТ Р 51685–2000. Параметры колеса для решения контактной задачи брались из ГОСТ 4835–2013.

Конечно-элементная модель была построена с использованием программного обеспечения Femar (рис. 2). Решение проводилось в упругой постановке, материал рельса имел следующие параметры: модуль упругости — 210 ГПа, коэффициент Пуассона — 0,3. Нагрузка на колесо составляла 100 кН.

Для анализа результатов была подготовлена группа элементов, в которую входили элементы и узлы рельса, находящиеся в плоскости XY и под пятном контакта (рис. 3). Для оценки напряженно-деформированного состояния использовались максимальные эквивалентные напряжения в сечении рельса и в зоне влияния выемки (рис. 4).

Таблица 1. Результаты напряжений моделей с выемкой с внутренней стороны рельса

Номер выемки	Максимальные напряжения во всем рельсе	Напряжения в точке выемки	$\bar{\alpha}$	α'
Без выемки	47,85	—	—	—
Выемка по центру	46,83	8,355	0,978683	0,921846
102	46,88	7,15	0,98	0,99
103	47,11	1,92	0,985	1,47
104	46,86	1,06	0,979	1,8
105	46,76	0,75	0,977	1,21
106	46,88	0,8	0,98	1,1
107	46,85	0,67	0,979	1,07
108	46,66	0,74	0,975	1,21
109	46,75	3,92	0,977	1,15
110	46,82	9,02	0,978	1,25
111	46,14	18,93	0,964	1,84
112	45,96	33,05	0,961	2,32
113	46,27	30,61	0,967	1,67
114	57,8	41,55	1,208	1,96
115	59,67	44,86	1,247	2,02
116	66,08	49,89	1,381	2,1
117	51,5	42,78	1,076	1,76
118	46,75	36,6	1,57	1,57
119	45,46	35,3	1,54	1,54
120	46,7	15,03	0,88	0,88
121	46,42	8,77	1,03	1,03

Таблица 2. Результаты напряжений моделей с выемкой с внешней стороны рельса

Номер выемки	Максимальные напряжения во всем рельсе	Напряжения в точке выемки	$\bar{\alpha}$	α'
202	47,04	5,74	0,983	0,902
203	46,97	1,34	0,982	1,381
204	46,87	0,88	0,98	1,944
205	46,81	0,38	0,978	2,222
206	46,78	0,21	0,978	1,317
207	46,66	0,4	0,975	1,445
208	46,9	0,91	0,98	1,392
209	46,68	2,32	0,976	0,95
210	46,81	7,48	0,978	1,649
211	46,97	15,88	0,982	1,846
212	47,22	21,56	0,987	1,683
213	46,99	25,48	0,982	1,527
214	55,66	40,14	1,163	1,933
215	65,32	48,53	1,365	2,041
216	93,9	67,84	1,962	2,428
217	86,61	67,05	1,81	2,205
218	86,63	62,58	1,81	2,012
219	88,3	64,81	1,845	2,091
220	56,21	45,1	1,175	1,34
221	47,35	24,83	0,99	1,158

Таблица 3. Результаты напряжений моделей с выемками с двух сторон рельса

Номер выемки	Максимальные напряжения во всем рельсе	Напряжения в точке выемки внутри	Напряжения в точке выемки снаружи	$\bar{\alpha}$	α'
302	44,97	6,704	5,208	0,94	0,874
303	45,25	1,71	1,324	0,946	1,336
304	45,09	1,058	0,885	0,942	1,886
305	45,29	0,813	0,4025	0,946	1,833
306	45,04	0,7975	0,2105	0,941	1,221
307	45,27	0,672	0,4065	0,946	1,273
308	45,57	0,674	1,225	0,952	1,486
309	45,36	6,089	3,225	0,948	1,55
310	45,75	12,405	7,1	0,956	1,645
311	45,33	22,005	13,86	0,947	1,873
312	45,08	30,438	21,682	0,942	1,916
313	50,44	34,751	30,506	1,054	1,861
314	58,61	40,176	37,565	1,225	1,854
315	59,1	42,6	48,82	1,235	1,983
316	73,16	46,795	53,88	1,529	1,948
317	83,78	36,13	62,725	1,751	1,775
318	81,29	33,59	67,04	1,699	1,799
319	86,92	31,585	62,035	1,817	1,691
320	49,07	17,693	42,305	1,025	1,15
321	49,61	8,785	25,8	1,037	1,115

Далее были определены коэффициенты концентрации напряжений:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sigma_{1max}}{\sigma_{2max}}, \quad (1)$$

$$\alpha' = \frac{\sigma_{1hole}}{\sigma_{2hole}}, \quad (2)$$

где σ_{1max} — максимальные напряжения в рельсе с выемкой;

σ_{2max} — максимальные напряжения в рельсе без выемки;

σ_{1hole} — напряжения в месте выемки;

σ_{2hole} — напряжения в месте выемки в рельсе без выемок.

Выемки в рельсе пронумерованы следующим образом. Первая цифра в номере обозначает расположение выемки относительно колеса: 1 — выемка на части рельса со стороны междупутья; 2 — на внешней части рельса; 3 — две выемки, расположенные симметрично относительно оси рельса. Вторая и третья цифры соответствуют номеру выемки на рис. 1. Результаты расчетов занесены в табл. 1–3 и проиллюстрированы рис. 5 и 6.

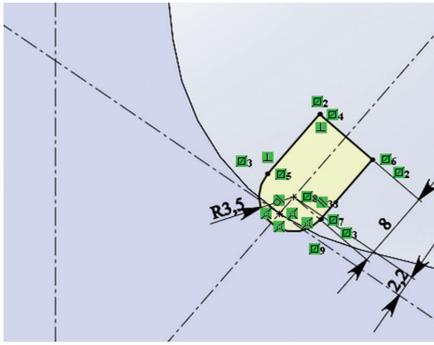


Рис. 7. Пример выемки с диаметром 7 мм и углублением на 2,2 мм

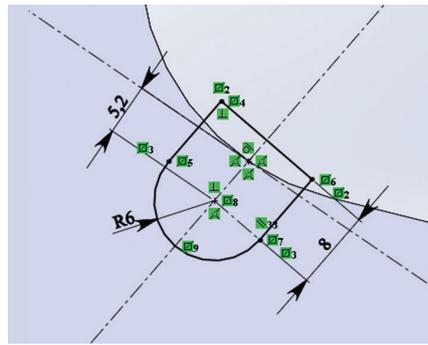


Рис. 8. Пример выемки с диаметром 12 мм и углублением на 5,2 мм

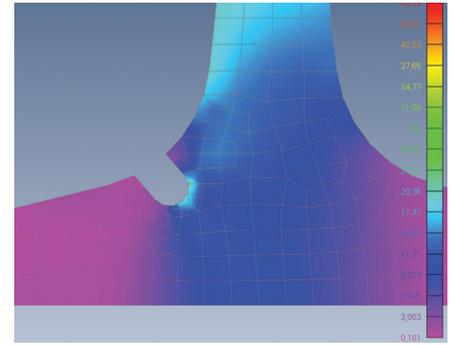


Рис. 9. Пример концентрации напряжений в выемке

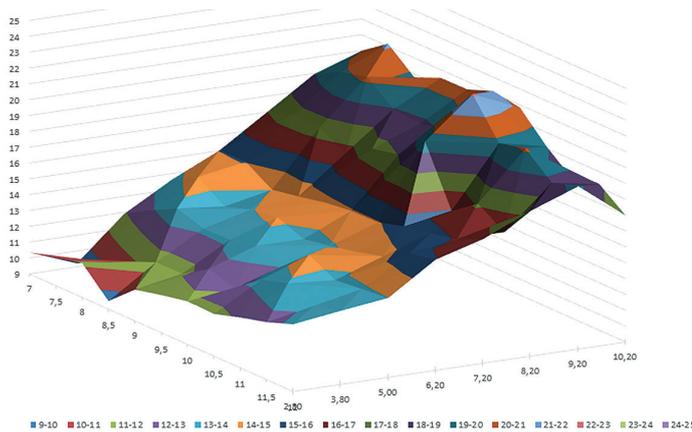


Рис. 10. График зависимости напряжений от диаметра и глубины выемки

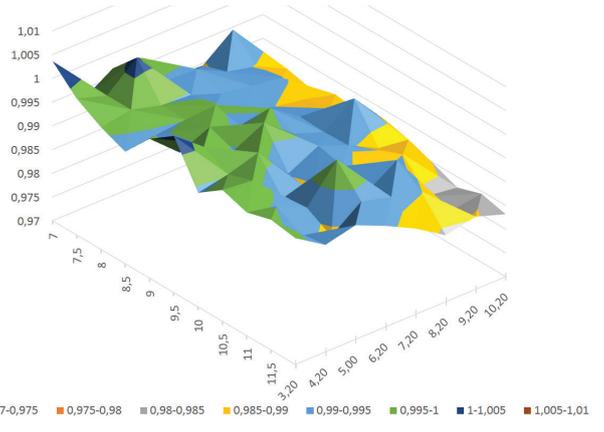


Рис. 11. График изменений максимальных напряжений

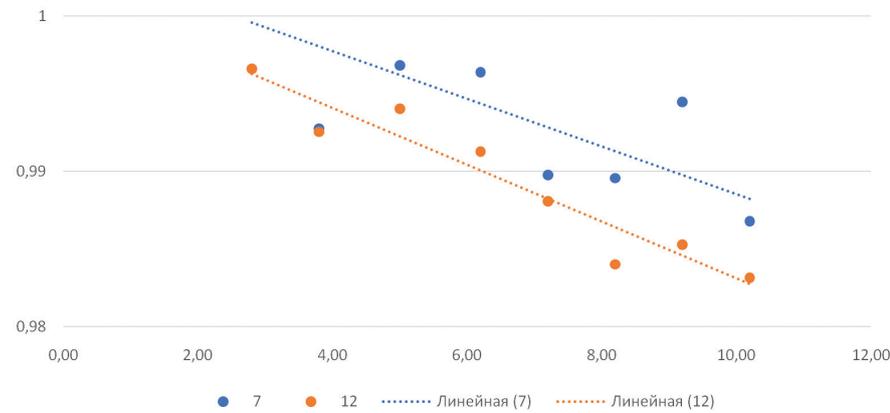


Рис. 12. График максимальных напряжений выемок с диаметром 7 мм и 12 мм

Таблица 4. Максимальные напряжения во всем рельсе

Диаметр выемки	Глубина выемки							
	2,8	3,8	5	6,2	7,2	8,2	9,2	10,2
7	47,08	46,57	46,76	46,74	46,43	46,42	46,65	46,29
7,5	46,85	46,76	47,01	46,66	46,65	46,5	46,43	46,28
8	46,71	46,76	46,68	46,66	46,55	46,5	46,46	46,22
8,5	46,61	46,65	46,68	46,7	46,5	46,44	46,39	46,31
9	46,88	46,62	46,75	46,64	46,69	46,48	46,44	46,27
9,5	47,05	46,82	46,66	46,81	46,58	46,47	46,68	46,35
10	46,63	46,69	46,78	46,45	46,6	46,48	46,33	46,29
10,5	46,8	46,77	46,47	46,4	46,54	46,24	46,41	46,2
11	46,72	46,66	46,52	46,87	46,43	46,62	46,14	46,1
11,5	46,79	46,51	46,38	46,6	46,52	46,45	46,14	46,18
12	46,75	46,56	46,63	46,5	46,35	46,16	46,22	46,12

Из полученных результатов мы видим, что максимальные напряжения во всем рельсе значительно возрастают в моделях с выемками под номерами 14–21. Это негативно влияет на общую прочность рельса, снижая эксплуатационные характеристики.

Из графика видно, что в местах расположения выемок под номерами 11–21 напряжения превышают 20 МПа. Это негативно влияет на оптоволоконный кабель, закрепляемый в получаемых пазах, вплоть до его разрушения. В выемках с номерами 3–9 напряжения не превышают 10 МПа. Случаи, когда нагрузка меньше 10 МПа являются удовлетворительными.

Исходя из полученных результатов, наиболее удачными можно считать варианты расположения выемок № 2 и 10, так как в них напряжения не превышают 20 МПа при 10 т нагрузки на колесо и коэффициент α не превышает 1.1. При этом наиболее удачным можно считать вариант № 10, так как он располагается на поверхности, в то время как выемка № 2 располагается на подошве рельса, что затрудняет обслуживание, ремонт, монтаж, демонтаж и визуальный контроль дефектов и неисправностей.

Исследование влияния глубины выемки на напряженно-деформированное состояние рельса

Для исследования влияния глубины и диаметра выемки на напряженно-деформированное состояние были построены модели части колеса и рельса с выемкой № 10. Параметры выемки показаны на рис. 7 и 8. Диаметр выемки изменялся от 7 мм до 12 мм с шагом 0,5 мм. Углубление выемки изменялось от 2,8 до 10,2 мм.

Далее произведен расчет напряженно-деформированного состояния в моделях с различной глубиной выемки. Настройки анализа были идентичны описанным выше. Из результатов вычислений получили максимальные напряжения в рельсе и на поверхности выемки. Далее были вычислены коэффициенты α и α' . Результаты вычислений представлены в табл. 4–7 и иллюстрируются рис. 9–12.

Из полученных результатов следует, что максимальные напряжения в рельсе изменяются в пределах 2,08 %, а в выемке — в пределах 58,3 %. При этом наблюдается переход концентрации напряжения из головки рельса в выемку (рис. 9).

Также наблюдается зависимость между напряжениями на поверхности выемки и ее глубиной / диаметром (рис. 10–12).

С увеличением диаметра выемки в рельсе напряжения в выемке вырастают, при этом максимальные напряжения в рельсе уменьшаются. При большем диаметре выемки максимальные напряжения и напряжения в выемке изменяются более плавно, чем в выемках с меньшим диаметром. В свою очередь, использование малых диаметров выемок способствует возникновению концентраторов напряжения в выемке.

На железнодорожном транспорте РФ системы управления движением поездов в части управления сигнализацией, централизацией и блокировкой за прошедшие полвека развивались только в направлении модернизации и компьютеризации верхнего уровня оперативного управления и реализации взаимозависимостей [3, 18–21].

Исследования показывают, что качественный переход к системе управления движением, позволяющей также иметь и функции самодиагностирования рельсового пути

Таблица 5. Напряжения на поверхности выемки

Диаметр выемки	Глубина выемки							
	2,8	3,8	5	6,2	7,2	8,2	9,2	10,2
7	10,35	9,22	11,91	13,615	15,015	16,975	18,955	19,99
7,5	10,74	10,07	12,88	14,53	15,0475	17,59	19,815	21,17
8	11,17	10,83	13,715	13,41	14,02	17,51	20,265	19,78
8,5	9,5	11,51	13,19	13,96	14,33	16,64	18,95	20,49
9	10,97	11,537	13,225	14,20	14,69	17,64	18,77	20,5
9,5	11,367	12,57	13,598	13,57	14,91	18,02	19,15	21,13
10	11,71	12,11	13,05	13,9	14,935	19,57	22,12	20,82
10,5	11,66	13,38	14,5	14,24	15,405	15,95	19,77	19,125
11	12,17	13,88	13,645	14,7	15,715	17,14	20,16	17,77
11,5	12,62	13,22	13,83	15,61	16,075	16,08	18,75	18,22
12	13,23	13,63	14	15,97	16,83	18,16	19,26	16,97

Таблица 6. Коэффициент изменения максимальных напряжений в рельсе

Диаметр выемки	Глубина выемки							
	2,8	3,8	5	6,2	7,2	8,2	9,2	10,2
7,5	0,9987	0,9968	1,002132	0,994671	0,994457	0,991	0,989768	0,98657
8	0,9957	0,9968	0,995097	0,994671	0,992326	0,991	0,990407	0,985291
8,5	0,9936	0,9944	0,995097	0,995523	0,99126	0,9899	0,988915	0,98721
9	0,9993	0,9938	0,996589	0,994244	0,99531	0,9908	0,989981	0,986357
9,5	1,0029	0,9980	0,994671	0,997868	0,992965	0,990	0,995097	0,988062
10	0,9940	0,9953	0,997229	0,990194	0,993392	0,9908	0,987636	0,986783
10,5	0,9976	0,9970	0,99062	0,989128	0,992113	0,9857	0,989341	0,984865
11	0,9959	0,9946	0,991686	0,999147	0,989768	0,9938	0,983586	0,982733
11,5	0,9974	0,9914	0,988702	0,993392	0,991686	0,9901	0,983586	0,984438
12	0,9965	0,9925	0,994031	0,99126	0,988062	0,9840	0,985291	0,983159

Таблица 7. Коэффициент изменения напряжения в выемке

Диаметр выемки	Глубина выемки							
	2,8	3,8	5	6,2	7,2	8,2	9,2	10,2
7,5	1,1789	1,1053	1,4138	1,594951	1,651756	1,930571	2,175082	2,32382
8	1,2261	1,1888	1,5054	1,471625	1,538968	1,922064	2,224479	2,17124
8,5	1,0428	1,2634	1,4478	1,532547	1,572997	1,826015	2,080132	2,249177
9	1,2038	1,2663	1,4517	1,559276	1,612514	1,936334	2,060373	2,250274
9,5	1,2478	1,3798	1,4926	1,489572	1,636663	1,978046	2,102086	2,319429
10	1,2854	1,3293	1,4324	1,524149	1,639407	2,148189	2,428101	2,285401
10,5	1,2799	1,4687	1,5916	1,563117	1,6909	1,750274	2,170143	2,099341
11	1,3359	1,523	1,4978	1,613611	1,725027	1,881449	2,212953	1,950604
11,5	1,3853	1,4511	1,5181	1,713337	1,764544	1,765093	2,058178	2
12	1,452	1,4961	1,5367	1,753568	1,84742	1,993414	2,11416	1,863081

и подвижного состава, возможен за счет модернизации традиционных принципов реализации инфраструктурных объектов, сформированных более 100 лет назад.

Предложенный в статье подход к организации новой оптической рельсовой цепи дает возможность перейти к использованию новой технологии позиционирования подвижных единиц на железнодорожном транспорте. При этом ликвидируются многочисленные проблемы традиционных рельсовых цепей, связанные прежде всего с трудностями их эксплуатации и поддержанием стабильной работы во всех режимах функционирования [22]. Кроме того, при внедрении новой технологии управления движением поездов можно существенно оптимизировать эксплуатационные расходы на поддержание работоспособности объектов железнодорожной автоматики и телемеханики.

Результаты, полученные в ходе исследования, линейно зависят от величины приложенной нагрузки в предположении, что напряжения в сечении рельса не превышают предела пропорциональности материала (за исключением поверхности катания), что позволяет экстраполировать данные на большие значения нагрузок, не приводящие к возникновению пластической деформации в рельсе.

Естественно, представленная технология до конца не изучена. Остаются и вопросы эксплуатационного характера, такие как выбор длины кабеля без его сращивания с другими кабелями для достоверного позиционирования подвижных единиц и выбор технологии укладки кабеля и резки рельса при проведении работ по техническому обслуживанию. Эти и другие вопросы будут рассмотрены авторами в дальнейших исследованиях в части реализации интеллектуальных самодиагностируемых систем управления движением поездов. ■

Литература

- Hall C. Modern Signalling. – Shepperton: Ian Allan Ltd, 2016. – 144 p.
- Arend L., Pott L., Hoffmann N., Schanck R. ETCS Level 2 without GSM-R // Signal + Draht. – 2018. – Is. 10. – P. 18–28.
- Theeg G., Vlasenko S. Railway Signalling & Interlocking. – Leverkusen PMC Media House GmbH, 2020. – 552 p.
- Wei C.-I., Lai C.-C., Liu S.-Y., Chung W. H., Ho T. K., Tam H.-Y., Ho S. L., McCusker A., Kam J., Lee K. Y. A Fiber Bragg Grating Sensor System for Train Axle Counting // IEEE Sensors Journal. – 2010. – Vol. 10. – Is. 12. – P. 1905–1912.
- Шаманов, В. И. Динамика асимметрии переменного тягового тока в рельсовых линиях на двухпутных перегонах // Электротехника. – 2016. – № 10. – С. 74–79.
- Tam H. Y., Lee T., Ho S. L., Haber T., Graver T., Méndez A. Utilization of Fiber Optic Bragg Grating Sensing Systems for Health Monitoring in Railway Applications. – Photonics Research Center. The Hong Kong Polytechnic University, Hung Hom, Kowloon, Hong Kong SAR. – 9 p.
- Efanov D. V., Osadchy G. V., Khorochev V. V. Testing of Optical Sensors in Measuring Systems on Railway Marshalling Yard // Proceedings of 16th IEEE East-West Design & Test Symposium. – Kazan. – 2018. P. 225–230.
- Линьков, В. И. Методология разбивки на блок-участки // Мир транспорта. – 2010. – Т. 8. – № 1 (29). – С. 18–25.
- Лупал, Н. В. Устройства сигнализации, централизации и блокировки на железных дорогах Российской империи / Н. В. Лупал; под ред. В. В. Сапожникова, Вл. В. Сапожникова и Д. В. Ефанова. – Санкт-Петербург : Наука, 2020. – 159 с.
- Воронин, В. А. Обеспечение минимального интервала попутного отправления поездов на перегон с АЛСО и подвижными блок-участками / В. А. Воронин, В. С. Лобанова // Автоматика, связь, информатика. – 2021. – № 11. – С. 25–27.
- Heer J., Woiton M., Stojan R., Jakob W., Tobias Kleinicke T. Planning, Construction and Commissioning Signalcontrolled ETCS Using the Example of the Basel Node // Signal + Draht. – 2020. – Is. – 7–8. P. 6–14.
- Leveque O. Innovative CBTC Train Regulation for Enhanced Passenger Experience // Signal + Draht. – 2020. Is. 4. – P. 13–20.
- Dacquin J., Gentina B. Tapping the Potential of ERTMS Data to Improve Railway Operations // Signal + Draht. – 2020. – Is. 5. – P. 17–25.
- Зарифьян, А. А., Кириевский, Е. В., Колпахчян, П. Г., Январев, С. Г. Способ измерения линейной скорости локомотива. – Патент на изобретение RU2189600 C1, 2002, № 2001119756/28. Правообладатель Южно-Российский государственный технический университет, дата регистрации: 16.07.2001. Дата публикации: 20.09.2002. – 8 с.
- Бухарин, М. А. Позиционирование подвижного состава с использованием нейронных сетей / М. А. Бухарин, С. В. Прокopenko, К. В. Гуртовой, С. А. Скубченко, В. Н. Трещиков // Автоматика, связь, информатика. – 2019. – № 9. – С. 8–10.
- Ананьина, Е. В., Болотов, П. В., Воробьев, В. В., Воронин, В. А., Гапанович, В. А., Ермаков, Е. В., Колесников, Д. С., Кононенко, А. С., Родякова, Е. С., Розенберг, Е. Н., Пенькова, Н. Г., Талалаев, Д. В. Система контроля местоположения поезда. – Патент на изобретение RU2675041 C1, 2018, № 2018109967. Правообладатель ОАО «РЖД», дата регистрации: 21.03.2018. Дата публикации: 14.12.2018. – 11 с.
- Воронин, В. А. Оптоволоконная рефлектометрия в системах интервального регулирования движения поездов / В. А. Воронин, В. В. Воробьев, Е. В. Ермаков // Железнодорожный транспорт. – 2020. – № 4. – С. 55–57.
- Гавзов, Д. В. Методы обеспечения безопасности дискретных систем / Д. В. Гавзов, В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников // Автоматика и телемеханика. – 1994. – № 8. – С. 3–50.
- Efanov D., Lykov A., Osadchy G. Testing of Relay-Contact Circuits of Railway Signalling and Interlocking // Proceedings of 15th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2017). – Novi Sad. – 2017. P. 242–248.
- Бестемьянов, П. Ф. Методы обеспечения безопасности аппаратных средств микропроцессорных систем управления движением поездов // Электротехника. – 2020. – № 9. – С. 2–8.
- Сапожников, Вл. В. Синтез систем управления движением поездов на железнодорожных станциях с исключением опасных отказов. – Москва : Наука, 2021. – 229 с.
- Efanov D. V., Osadchy G. V., Khorochev V. V., Shestovitskiy D. A. Diagnostics of Audio-Frequency Track Circuits in Continuous Monitoring Systems for Remote Control Devices: Some Aspects // Proceedings of 17th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2019). – Batumi. – 2019. – P. 162–170.

Методические подходы для оценки эффективности эксплуатации ВАТС в пассажирских перевозках



В. В. Комаров,
канд. техн. наук, доцент,
первый заместитель
генерального директора
по научной работе
ОАО «Научно-исследо-
вательский институт
автомобильного
транспорта»

В статье предложены критерии оценки выбора маршрутов для организации регулярных перевозок пассажиров ВАТС; разработаны функциональные зависимости, характеризующие эффективность и безопасность процессов функционирования ВАТС и качество транспортного обслуживания населения.

Актуальность внедрения цифровых технологий для автомобильного транспорта (а в общем случае как условие перехода на новый технологический уклад «Индустрия 4.0») обусловлена решением множества задач технологического и управленческого характера. Они связаны с повышением эффективности работы и качества услуг в условиях возрастающей межвидовой конкуренции внутри страны, а также на международном уровне, в том числе на рынках евразийских транспортных коридоров, проходящих по территории России.

Внедрение инновационных технологий автоматического управления транспортными средствами и их сетевого взаимодействия уже в ближайшем будущем может коренным образом изменить состояние дел в автотранспортной и дорожной отраслях. Оптимистичные оценки предполагают, что высокоавтоматизированные транспортные средства (ВАТС) будут составлять до 30 % парка автомобилей к 2040 г. [1]

При реализации крупных инвестиционных проектов, к которым относится создание беспилотных логистических коридоров, позволяющих обеспечивать качественное обслуживание экономики и населения, возникает необходимость выбора адекватных подходов в оценке их эффективности. Накопленный мировой опыт применения различных методов экономической оценки при выборе приоритетных инфраструктурных проектов свидетельствует о тенденции возможно полного учета не только прямых, но и косвенных эффектов, связанных с оценкой социально-экономической значимости проекта для региона, страны, появлению агломерационных эф-

фектов, экологических воздействий на человека, окружающую среду.

В определении косвенных эффектов и издержек из-за сложностей их количественной оценки используются различные приемы: ранжирование, классификация, сравнение вариантов, описание и др. В наибольшей степени косвенные оценки применимы при учете безопасности, экологических воздействий, при определении так называемых агломерационных эффектов в сфере пассажирских перевозок, означающих, в частности, повышение транспортной доступности в зонах влияния транспортных путей и, соответственно, возрастание сфер деятельности, деловой активности населения.

В Российской Федерации все большую значимость приобретает оценивание инфраструктурных проектов на макроэкономическом уровне. В качестве основных показателей используются вклад от реализации проекта в ВВП страны, бюджетные поступления. В прогнозах инновационного развития важнейшими социально-экономическими вызовами, которые актуальны и для транспортной отрасли, определяющими становятся такие общемировые и макроэкономические тенденции, как сокращение ресурсов (земельных, энергетических и др.), экологические, климатические, геополитические и прочие глобальные проблемы.

Из российских факторов это уменьшение численности и старение населения, значительные по регионам и группам населения различия в уровнях доходов и, следовательно, в потребностях, в том числе в передвижениях, а также на транспорте — межвидовая конкуренция, протекционистская политика, возможная несогласованность при взаимодей-

ствии видов транспорта на международном уровне, особенно в правовой сфере.

Как следствие, требования к инновационному развитию транспорта в перспективе сводятся главным образом к удешевлению, ускорению перевозок, ориентации на потребности клиентов с разным уровнем спроса на качественные характеристики при перевозках (надежность, комфортность, безопасность, своевременность, условия для маломобильных пассажиров и т. д.), экологичность, энергоэффективность, сочлененность и интероперабельность транспортных систем, в том числе в международных перевозках и др.

При разработке стратегий развития отрасли следует учитывать также тенденции инновационного развития других отраслей, прежде всего безопасности и экологичности, что особенно востребовано при построении мультимодальных цепочек из разных видов транспорта в контейнерных, контрейлерных перевозках. Оценка перспективности стратегических проектов подразумевает использование комплексного показателя, в котором наряду с отраслевыми эксплуатационными параметрами будут учтены наиболее значимые в перспективе социально-экономические условия.

Таким образом, ориентация в стратегических прогнозах на инновационное развитие автомобильного транспорта для обеспечения конкурентоспособности подразумевает использование отраслевых и социально-экономических факторов с возрастающей ролью последних, при этом характер механизмов управления развитием смещается в сторону данной группы факторов.

Целью настоящей работы является разработка методических подходов для оценки эффективности эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств для регулярных перевозок пассажиров. Предлагаемые подходы основаны на закономерностях, функциональных зависимостях и статистических параметрах, характеризующих эффективность процессов функционирования ВАТС и качество транспортного обслуживания населения.

Выбор маршрутов для организации регулярных перевозок пассажиров с использованием ВАТС

Выбор маршрутов предлагается выполнять в следующей последовательности:

- предварительный выбор маршрутов;
- оценка социально-экономического эффекта от реализации мероприятий по внедрению ВАТС;

- выбор маршрутов с наибольшим социально-экономическим эффектом.

При выборе трассы маршрутов регулярных перевозок пассажиров с использованием ВАТС используются следующие критерии:

- соответствие трассы среде штатной эксплуатации ВАТС;

- наличие динамической цифровой карты дорожного движения (ДЦК ДД);

- наличие телекоммуникационной дорожно-транспортной инфраструктуры;

- обеспечение максимальной доступности и непрерывности сервисов для ВАТС, работоспособности информационных, обеспечивающих и инженерных систем;

- наличие подтверждения соответствия дорожно-транспортной инфраструктуры маршрута требованиям, установленным законодательством, в том числе путем организации комплекса мероприятий по защите и проведению аттестационных испытаний государственных информационных систем на соответствие требованиям информационной безопасности;

- наличие выделенных полос движения или улиц (дорог).

Выбранные трассы маршрутов оцениваются на соответствие документально определенной изготовителем среды штатной эксплуатации предполагаемых для использования ВАТС конкретным условиям выбранных трасс маршрутов. Они должны обеспечивать корректное функционирование автоматизированной системы вождения и соответствие ограничениям и рабочим параметрам среды штатной эксплуатации (СШЭ), включая:

- типы дорог (автомагистрали, скоростные и обычные автомобильные дороги);

- диапазон разрешенных скоростей;

- географические условия (конкретный район, область, локация);

- условия окружающей среды;

- иные ограничения.

Трассы маршрутов должны быть определены таким образом, чтобы гарантировать ситуационную осведомленность ВАТС на любой скорости, разрешенной правилами дорожного движения. При работе на маршрутах

автоматизированная система вождения должна иметь возможность самостоятельно или посредством взаимодействия с интеллектуальной дорожно-транспортной инфраструктурой обнаруживать другие транспортные средства, пешеходов, велосипедистов, животных и предметы, которые могут повлиять на безопасность перевозок пассажиров, и реагировать на них.

На трассах маршрутов, если это не предусмотрено СШЭ, не должно быть участков, на которых ВАТС при движении полагается только на бортовые сенсоры, статические цифровые карты и встроенные алгоритмы обработки получаемых данных (поддержка дорожно-транспортной инфраструктурой не обеспечивается). В этом случае скорость должна быть ограничена расстоянием остановочного пути до границы уверенного распознавания объектов имеющимися сенсорами с учетом возможного появления других участников дорожного движения. При наличии в непосредственной близости от проезжей части дороги зон, не просматриваемых сенсорами, максимальная скорость движения может быть серьезно ограничена, что создаст препятствия для нормального движения транспортного потока.

Движение на маршрутах должно быть организовано таким образом, чтобы минимизировать число мест возможного конфликта интересов участников дорожного движения (нерегулируемые пересечения, слияния потоков и т. п.). Трасса маршрута должна исключать риски выезда за пределы среды штатной эксплуатации и нарушение инструкции по эксплуатации изготовителя ВАТС.

Далее проводится оценка уровня развития интеллектуальной дорожно-транспортной инфраструктуры (ИДТИ) на выбранных трассах маршрутов или транспортной зоны для управления подключенными и ВАТС. ИДТИ на трассах маршрутов должна иметь в своем составе систему высокоточного позиционирования дороги и движущегося ВАТС, а также обеспечивать его данными о динамической цифровой карте дороги в реальном масштабе времени. Автоматизированная система вождения должна иметь полную картину дорожной ситуации, причем с прогнозом развития на необходимый период, и разрешать движение с максимальной скоростью, обеспечиваемой физической дорожно-транспортной инфраструктурой (сцепные качества

Таблица 1. Рекомендуемая балльная оценка сложности маршрутов

Уровень сложности маршрута, балл	Обобщенный параметр сложности маршрута P_c
1	От - 6 и менее
2	От - 6 до - 2
3	От - 2 до 2
4	Более 2, до 6
5	Более 6

покрытия, радиусы поворота), комфортом пассажиров или требуемыми энергозатратами (сопротивление воздуха, расход топлива).

ИДТИ для управления ВАТС должна включать линейную и станционную телекоммуникационную и объектовую инструментальную инфраструктуру, технологическую платформу, в которую входят прикладные программные модули, средства защиты информации и каналов передачи данных, а также обеспечение функционирования всей инфраструктуры на базе единых открытых протоколов как единой цифровой экосистемы.

ИДТИ трасс маршрутов должна обеспечивать максимальную доступность и непрерывность сервисов для ВАТС, работоспособность информационных, обеспечивающих и инженерных систем. Также она должна пройти процедуру подтверждения соответствия требованиям, установленным законодательством, в том числе путем проведения комплекса мероприятий по защите и проведению аттестационных испытаний государственных информационных систем на соответствие требованиям информационной безопасности.

Для обеспечения информационной безопасности необходимо определить возможные уязвимости системы и угрозы, спроектировать модели потенциальных угроз, дестабилизирующих работу ВАТС на маршрутах.

При недостаточном уровне развития дорожно-транспортной инфраструктуры маршрута определяются мероприятия по приведению их в соответствие с приведенными выше требованиями.

Трассы маршрутов уточняются с учетом ограничений, накладываемых СШЭ ВАТС, ДЦК ДД, интеллектуальной дорожно-транспортной инфраструктурой, доступностью и непрерывностью сервисов для ВАТС, работоспособностью информационных, обеспечивающих и инженерных систем.

Выбор оптимального проекта маршрута

Выбор оптимального маршрута выполняется на вариантной основе. Варианты могут различаться трассами маршрутов, характеристиками используемых транспортных средств, расположением отдельных остановочных пунктов, схемами организации дорожного движения, расписаниями движения, применяемой тарифной политикой, предоставлением преимуществ по провозной плате и т. д.

Анализ выбранных вариантов маршрутов проводится с использованием обобщенного параметра сложности маршрута [2]:

$$P_c = 9,12 + 11,1 \gamma - 9,1 l_n - 0,64 V_s + 1,06 \rho, \quad (1)$$

где P_c — обобщенный параметр сложности маршрута;

γ — коэффициент использования пассажироместности;

l_n — средняя длина перегона, км;

V_s — средняя эксплуатационная скорость, км/ч;

ρ — плотность транспортного потока, авт./100 м.

Необходимые для расчетов данные принимаются в соответствии с паспортами маршрутов или по результатам обследования маршрутов.

Варианты маршрутов оцениваются по пятибалльной системе в зависимости от степени соответствия установленным выше критериям. Для определения характеристик вариантов маршрутов дополнительно могут использоваться результаты транспортного моделирования.

В табл. 1 и 2 приведена рекомендуемая балльная оценка критериев выбора маршрутов. Для каждого маршрута балльные оценки по всем критериям суммируются.

Для маршрутов, набравших наибольшее количество баллов, на следующем этапе оценивается социально-экономический эффект от внедрения ВАТС. К реализации принимаются маршруты с наибольшим социально-экономическим эффектом.

Основные методические подходы для оценки социально-экономического эффекта

В общем виде социально-экономический эффект от эксплуатации ВАТС для регулярных пассажирских перевозок включает в себя следующие составляющие:

$$\mathcal{E}_{\text{ВАТС}}^j = \mathcal{E}_{\text{врем}}^j + \mathcal{E}_{\text{безопас}}^j + \mathcal{E}_{\text{экол}}^j, \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_{\text{ВАТС}}^j$ — социально-экономический эффект от внедрения ВАТС на j -участке улично-дорожной сети (УДС) или автомобильной дороги, руб.;

$\mathcal{E}_{\text{врем}}^j$ — эффект от сокращения времени проезда ВАТС j -участка УДС или автомобильной дороги, руб.;

$\mathcal{E}_{\text{безопас}}^j$ — эффект от снижения аварийности и числа погибших и пострадавших в ДТП при внедрении ВАТС на j -участке УДС или автомобильной дороги, руб.;

$\mathcal{E}_{\text{экол}}^j$ — экологический эффект от внедрения ВАТС на j -участке УДС или автомобильной дороги, руб.

Эффект от сокращения времени проезда ВАТС j -участка УДС или автомобильной дороги определяется следующим образом:

$$\mathcal{E}_{\text{врем}}^j = \mathcal{E}_{\text{пасс}}^j + \mathcal{E}_{\text{перев}}^j, \quad (3)$$

где $\mathcal{E}_{\text{пасс}}^j$ — эффект от сокращения времени пребывания в пути пассажиров ВАТС, руб.;

$\mathcal{E}_{\text{перев}}^j$ — эффект от изменения времени движения ВАТС для перевозчиков, руб.

Эффект от снижения аварийности и числа погибших и пострадавших в ДТП определяется на основе расчета относительных коэффициентов аварийности на рассматриваемом участке УДС или автомобильной дороги и рассчитанной вероятности снижения количества ДТП в результате внедрения ВАТС.

Экологический эффект от внедрения ВАТС определяется путем стоимостной оценки снижения количества выбросов загрязняющих веществ за счет более экономичного расхода топлива и энергии вследствие заложенных в алгоритмах управления профилей ускорений и замедлений, на основе определения удельного ущерба от выброса одной условной тонны загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Оценка эффекта от сокращения времени проезда ВАТС j -участка УДС или маршрута

Оценка эффекта от сокращения потерь времени пребывания в пути пассажиров ВАТС определяется по формуле [3]:

$$\mathcal{E}_{\text{пасс}}^j = 365 * \frac{N_t * B * L}{V_t} * C_t * \Delta T_{\text{птот}}^j, \quad (4)$$

где C_t — средняя величина потерь народного хозяйства в расчете на 1 чел./ч пребывания в пути пассажиров;

N_t — среднегодовая суточная интенсивность движения автобусов на участке, авт./сут.;

B — среднее количество пассажиров в автобусе;

Таблица 2. Рекомендуемая балльная оценка критериев выбора маршрутов

Степень соответствия	Уровень соответствия, %	Рекомендуемая балльная оценка критериев						
		Соответствие трассы средней штатной эксплуатации ВАТС	Наличие динамической цифровой карты дорожного движения (ДЦК ДД)	Наличие телекоммуникационной дорожно-транспортной инфраструктуры	Обеспечение максимальной доступности и непрерывности сервисов для ВАТС	Работоспособность информационных, обеспечивающих и инженерных систем	Наличие подтверждения соответствия дорожно-транспортной инфраструктуры маршрута	Наличие выделенных полос движения на участках УДС или выделенных улиц, дорог (Bus Rapid Transit – BRT)
Неприемлемое	Менее 20	1	1	1	1	1	1	5
Приемлемое с существенными ограничениями	Менее 50	2	2	2	2	2	2	4
Приемлемое с умеренными ограничениями	Менее 70	3	3	3	3	3	3	3
Приемлемое без заметных ограничений	Менее 90	4	4	4	4	4	4	2
Приемлемое без ограничений	100	5	5	5	5	5	5	1

L — протяженность j -участка УДС или автомобильной дороги, км;

V_t — скорость движения автобусов на участке, км/ч;

$\Delta T_{\text{птоп}}^j$ — разница во времени прохождения j -участка УДС или автомобильной дороги ВАТС и транспортными средствами общего пользования, управляемыми водителями, час.

Разница во времени прохождения j -того участка УДС или автомобильной дороги ВАТС и транспортными средствами общего пользования, управляемыми водителями, определяется по формуле:

$$\Delta T_{\text{птоп}}^j = \frac{L}{V_{\text{ВАТС}}^j} - \frac{L}{V_{\text{птоп0}}^j}, \quad (5)$$

где $V_{\text{птоп0}}^j$, $V_{\text{ВАТС}}^j$ — скорости движения транспортных средств общего пользования, управляемых водителями, и ВАТС на j -участке УДС или автомобильной дороги соответственно, км/ч.

Скорости движения транспортных средств общего пользования на j -участке УДС или маршруте определяются по результатам транспортного моделирования.

Эффект от изменения времени движения транспортных средств для перевозчиков определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{перев}} = & 365 * (1 + R^j) * K_c^j * \\ & * (S_{1\text{ч}k}^j * T_k^j - S_{1\text{ч}k\text{ВАТС}}^j * T_{k\text{ВАТС}}^j) / \\ & / 60 * N_{\text{обк}}^j, \quad (6) \end{aligned}$$

где $S_{1\text{ч}k}^j$, $S_{1\text{ч}k\text{ВАТС}}^j$ — средняя себестоимость одного часа работы транспортного средства k -класса, управляемого водителем и ВАТС соответственно, на j -участке УДС или маршруте, руб.;

R^j — рентабельность проданных товаров, работ, услуг в j -субъекте Российской Федерации;

K_c^j — региональные коэффициенты к себестоимости автомобильных перевозок;

T_k^j и $T_{k\text{ВАТС}}^j$ — время прохождения j -участка УДС или автомобильной дороги транспортными средствами, относящихся к k -классу, до и после внедрения ВАТС, мин;

$N_{\text{обк}}^j$ — количество оборотных рейсов транспортного средства k -класса за время обслуживания маршрута в сутки.

Средняя себестоимость одного часа работы транспортного средства, относящегося к k -классу на j -участке УДС или автомобильной дороги, определяется по формуле:

$$S_{1\text{ч}k}^j = S_{\text{пост}k}^j + S_{\text{пер}k}^j * V_{\text{э}k}^j, \quad (7)$$

где $S_{\text{пост}k}^j$ — средние постоянные затраты на 1 час времени в наряде транспортного средства, относящегося к k -классу, руб.;

$V_{\text{э}k}^j$ — средняя эксплуатационная скорость транспортного средства, относящегося к k -классу, на j -участке УДС или маршруте, км/ч;

$S_{\text{пер}k}^j$ — средние переменные затраты на 1 км пробега для транспортного средства, относящегося к k -классу, руб.

Расчет $S_{\text{пер}k}^j$ может быть выполнен в соответствии с приложением 1 к приказу Министерства транспорта РФ от 30 мая 2019 г. № 158 [3]. При этом из себестоимости ВАТС исключаются расходы на оплату труда водителей и кондукторов и отчисления на социальные нужды от величины расходов на оплату труда водителей и кондукторов. Следует также учитывать, что функции контроля

безопасности ВАТС в эксплуатации, включая актуализацию программного обеспечения, обеспечение кибербезопасности и другие функции, предусмотренные эксплуатационной документацией, могут выполнять специалисты по обеспечению безопасности дорожного движения. Необходимо предусмотреть повышение квалификации указанных специалистов и возможность изменения постоянных затрат.

Расходы на техническое обслуживание и ремонт ВАТС принимаются по данным завода-изготовителя. Транспортные средства с системой автоматического вождения, использующей экологические режимы управления, потребляют меньше топлива по сравнению с ТС, управляемым человеком, в различных дорожных ситуациях [4, 5]. Потенциальным преимуществом ВАТС является снижение расхода топлива на 10,8 % [5], чего трудно достичь водителям-людям из-за большего времени реакции, отвлечения внимания и неготовности следовать системе помощи вождению. Эти факторы необходимо учитывать при расчете затрат на топливо (электроэнергию).

Период окупаемости ВАТС можно рассчитать по формуле:

$$T_{\text{окуп}} = (C_{\text{ВАТС}}^k - C_{\text{ТС}}^k) / ((S_{1\text{ч}k}^j * V_{\text{э}k}^j - S_{1\text{ч}k\text{ВАТС}}^j * V_{\text{э}k\text{ВАТС}}^j) * L_{\Gamma}) \quad (8)$$

где $T_{\text{окуп}}$ — период окупаемости ВАТС, годы;

$C_{\text{ВАТС}}^k$ и $C_{\text{ТС}}^k$ — стоимость ВАТС и транспортного средства, управляемого водителем, соответственно, руб.;

L_{Γ} — годовой пробег транспортного средства, км.

Оценка эффекта от снижения аварийности и числа погибших и пострадавших в ДТП

При использовании ВАТС прогнозируется уменьшение аварийности за счет снижения влияния человеческого фактора. В отличие от автоматизированных систем вождения водители-люди могут допускать ДТП из-за большего времени реакции, отвлечения внимания и неготовности следовать установленным правилам дорожного движения. Эффект от снижения аварийности и числа погибших и пострадавших в ДТП на j -участке УДС или маршрута определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{безопас}}^j = \Delta K_{\text{ДТП}}^j * \frac{I_{\text{год}}^j * L}{1000000} * C_{\text{ДТП}}^j \quad (9)$$

где $\Delta K_{\text{ДТП}}^j$ — изменение относительного коэффициента аварийности на j -участке УДС или автомобильной дороги, число ДТП/1 млн. авт.-км; $I_{\text{год}}^j$ — годовая интенсивность движения на рассматриваемом j -участке УДС или автомобильной дороги после внедрения ВАТС, авт./час; $C_{\text{ДТП}}^j$ — средняя величина социально-экономического ущерба от 1 ДТП в j -субъекте Российской Федерации, руб.

Изменение относительного коэффициента аварийности на j -участке УДС или автомобильной дороге определяется по формуле:

$$\Delta K_{\text{ДТП}}^j = \frac{N_{\text{ДТП}}^j * 3722,45}{I_{\text{дв}}^j * L} * K_{\text{ВАТС}}^j \quad (10)$$

где $N_{\text{ДТП}}^j$ — среднегодовое количество ДТП с транспортными средствами общего пользования на j -участке УДС или автомобильной дороги по данным за 3–5 лет; $I_{\text{дв}}^j$ — интенсивность движения на j -участке УДС или автомобильной дороги в час пик, авт./час; $K_{\text{ВАТС}}^j$ — коэффициент снижения количества ДТП на 1 млн. авт.-км в результате внедрения ВАТС.

Оценка экологического эффекта

При использовании ВАТС экологический эффект заключается в снижении количества выбросов, загрязняющих веществ (ЗВ) за счет применения рационального режима управления ВАТС, приводящего к снижению расхода топлива.

Укрупненная экономическая оценка экологического эффекта от снижения загрязнения воздуха за счет внедрения ВАТС может быть произведена на основе показателей удельного ущерба от выброса одной условной тонны загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Величина эффекта от изменения степени загрязнения воздуха на j -участке УДС или на маршруте за счет внедрения ВАТС (предотвращенного ущерба от выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух) определяется по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ЗВ}}^j = \sum_{f=1}^z Y_{\text{уд}}^{j,f} * (m_{f\text{пдк}}^{j\text{ВАТС}} - m_{f\text{пдк}}^{j0}) * \frac{L_{\text{Г}}}{1000} * J_{\text{и}}, \quad (11)$$

где $Y_{\text{уд}}^{j,f}$ — оценка экологического ущерба на 1 тонну выбросов f -загрязняющих веществ автомобильным транспортом;

$m_{f\text{пдк}}^{j\text{ВАТС}}$, $m_{f\text{пдк}}^{j0}$ — пробеговый выброс f -загрязняющего вещества при движении по j -участку УДС или автомобильной дороги d -категории соответственно ВАТС и транспортного средства, управляемого водителем, относящихся к k -классу и p -экологическому классу, г/км;

$L_{\text{Г}}$ — годовой пробег транспортных средств, км;

z — количество учитываемых загрязняющих веществ (в зависимости от используемой методики оценки выбросов от автотранспорта);

$J_{\text{и}}$ — коэффициент перевода экономической оценки удельного ущерба от выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (равен индексу инфляции за период с 1999 года в год проведения расчетов).

Пробеговые выбросы $m_{f\text{пдк}}^{j\text{ВАТС}}$ и $m_{f\text{пдк}}^{j0}$ рассчитываются в соответствии с методиками оценки выбросов загрязняющих веществ от транспорта. Оценка экономического ущерба на одну тонну выбросов загрязняющих веществ автомобильным транспортом принимается в соответствии с методическими рекомендациями по разработке документов транспортного планирования субъектов Российской Федерации.

Внедрение высокоавтоматизированных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования является закономерным этапом развития транспортных систем и создает новые предпосылки для экономического роста путем использования инновационных транспортно-логистических технологий, обеспечивающих повышение эффективности и доступности предоставляемых услуг.

Сегодня основной акцент в сфере развития технологий автоматизированного вождения сосредоточен на нескольких ключевых направлениях, в число которых входят пассажирские перевозки в городах и грузовые перевозки по автомагистралям [6].

В ближайшей и среднесрочной

перспективе ожидается активное внедрение в практику перевозок беспилотного такси, сопровождаемое расширением применения бизнес-моделей совместного использования транспортных средств в крупных мегаполисах (каршеринг, райдшеринг).

Предложенные в настоящей работе методические подходы могут быть использованы при оценке эффективности инвестиций в проекты по внедрению высокоавтоматизированных транспортных средств и производственных результатов транспортных организаций. ■

Литература

1. Комаров, В. В. Правовое обеспечение процессов эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств / В. В. Комаров, Ю. В. Андрианов // Транспорт Российской Федерации. — 2021. — № 4. — С. 36–39
2. Крылов, В. А. Методика определения сложности маршрута движения и оперативное корректирование основных нормативов технической эксплуатации городских автобусов / Крылов В.А., Исмаилов Р.И., Максимов В.А. // Вестник Московского автомобильно-дорожного института. — 2008. — № 3. — С. 7–12.
3. Об утверждении порядка определения начальной (максимальной) цены контракта, а также цены контракта, заключаемого с единственным поставщиком (подрядчиком, исполнителем) при осуществлении закупок в сфере регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом : Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 30 мая 2019 г. № 158.
4. Lian Cui Impact of Automated Vehicle Eco-Approach on Human Driven Vehicles. IEEE Access PP (99) : 1–1, October 2018.
5. Y. Saboohi, H. Farzaneh. Model for developing an Eco-driving strategy of a passenger vehicle based on the least fuel consumption. Applied Energy. — 2009. — Vol. 86 (10). — P. 1925–1932.
6. Концепция обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования : утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 марта 2020 г. № 724-р.

Эффективная организация приоритетного проезда общественного транспорта



А. Н. Шумский,
директор АНО
«Центр борьбы
с пробками»
(ЭЦ «Пробок.нет»)



Д. Р. Хакимова,
руководитель специальных
проектов АНО «Центр
борьбы с пробками»
(ЭЦ «Пробок.нет»)

Решение задачи повышения привлекательности общественного транспорта как превалирующего способа передвижения по городу должно начинаться с организации определенных преимуществ на улично-дорожной сети. Масштабирование опыта Москвы позволит избежать ошибок и организовать эффективный приоритет проезда.

Условия и критерии организации выделенных полос для общественного транспорта

Самым распространенным и быстрым в реализации способом организации приоритетного проезда считается выделенная полоса для общественного транспорта, выполненная в разметке. Эксперты предлагают ориентироваться на следующие условия и критерии целесообразности выделения специальных полос для его движения [2]:

- сокращение суммарных затрат участников движения на рассматриваемом участке улично-дорожной сети (УДС);
- значения интенсивности движения приоритетных и неприоритетных видов транспорта и число полос движения в данном направлении с учетом определенных ограничений;
- величину сокращения суммарной стоимости задержек различных типов транспортных средств и пассажиров;
- сокращение суммарных затрат времени участников движения;
- положительное значение разности общего времени задержек для всех участников движения.

Авторы статьи в качестве алгоритма оценки необходимости выделения полосы для общественного транспорта предлагают использовать расчет провозной способности улицы или ее участка и улучшения условий проезда для большинства участников дорожного движения.

Максимальная пропускная способность одной полосы в городе составляет 600 автомобилей, 100–150 автобусов и 70–90 троллейбусов в час [4]. Среднее количество людей, которые перевозит автомобиль в городе, равно 1,3–1,4 человека [5]. Средняя загрузка автобуса составляет 47 пассажиров. Следовательно, по одной полосе 600 автомобилей перевозят порядка 840 человек, а 100 автобусов — 4700 человек, или в 7,5 раза больше, чем автомобили.

То есть для перемещения 840 человек 600 автомобилями понадобится всего 20 автобусов. Именно такая интенсивность общественного транспорта позволит повысить провозную способность улицы и улучшить условия проезда для большего количества людей в случае организации выделенной полосы.

При этом необходимо учитывать, что ее появление зачастую приводит к росту пассажиропотока на маршрутах. В этом случае для сохранения комфортности поездки на общественном транспорте можно повысить интенсивность его движения на загруженных участках либо увеличить вместимость подвижного состава.

«Московский стандарт» организации приоритета общественного транспорта

Организация приоритета общественного транспорта с помощью выделенных полос в Москве началась в 2009 г. За 12 лет их было введено более 390 км [3]. В течение этого периода были апробированы различные подходы, успешная часть которых стала основой появления в 2018 г. «московского стандарта» организации приоритета общественного транспорта. Им определяется (рис. 1):

- организация выделенных полос с максимальной эффективностью;

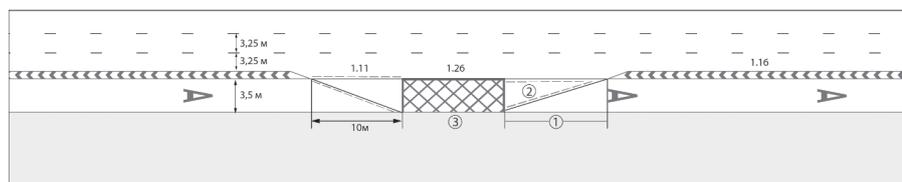


Рис. 1. «Московский стандарт» организации выделенных полос (1 — сокращение зон перестроения, 2 — зоны перестроения, а также «отгоны» для обозначения начала и конца выделенной полосы, 3 — разметка 1.26 «вафельница» в зонах пересечения с прочими транспортными средствами)

- обустройство зон перестроения с минимизацией количества прерываний выделенной полосы;
- умный приоритет для общественного транспорта на перекрестках.

Организация выделенных полос, при которой достигается их максимальная эффективность, включает:

- применение разметки 1.16.1 и 1.16.2 (рис. 2–3) для отделения выделенной полосы от полос общего пользования;
- использование горизонтальной разметки 1.26 «вафельница» (рис. 4) на пересечениях;
- сокращение зон перестроений;
- исключение длительных прерываний.

Отделение выделенной полосы для общественного транспорта от общего потока происходит за счет организации разделительной полосы (рис. 5). В случае движения в попутном направлении применяется горизонтальная разметка 1.16.2, при встречном направлении общего потока — разметка 1.16.1.

Разделительная полоса проектируется за счет сужения других полос и при необходимости выделенной полосы с условием, что последняя должна быть шире прочих полос на 0,25 м.



Рис. 2. Применение горизонтальной разметки 1.16.2 для отделения выделенной полосы от полос общего пользования

Применение разметки 1.16.1 (2,3) не противоречит ГОСТ Р 52289–2019 [1] и позволяет организовать более эффективный приоритет за счет:

- повышения видимости выделенной полосы в любое время года и погодных условий;

- исключения случайного заезда прочих транспортных средств, водителям которых психологически сложнее пересечь такую разметку;

- сокращения задержек общественного транспорта за счет снижения времени нахождения или отсутствия прочего



Рис. 3. Применение горизонтальной разметки 1.16.1 для отделения выделенной полосы от полос общего пользования при встречном движении общественного транспорта

Таблица 1. Различные длины перестроения через выделенную полосу при скорости движения $V \leq 60$ км/ч.

Интенсивность съезда, ед./ч.	Параметр, м					
	а	б	в	в'	б'	а'
< 100	10	5	—	—	5	10
100–500	20	10	10	10	10	20
500–1000	20	20	20	10	20	20
> 1000	20	40	20	10	40	20

Таблица 2. Различные длины перестроений через выделенную полосу при скорости движения 60 км/ч. $< V \leq 80$ км/ч.

Интенсивность съезда, ед./ч.	Параметр, м					
	а	б	в	в'	б'	а'
< 100	20	5	—	—	5	20
100–500	20	30	20	10	30	20
500–1000	20	40	20	10	40	20
> 1000	20	60	20	10	60	20

Таблица 3. Различные длины перестроений через выделенную полосу при организации правых поворотов на регулируемых перекрестках дорог без изменения количества полос

Интенсивность съезда, ед./ч.	Параметр, м					
	а	б	в	в'	б'	а'
< 100	20	20	—	5	10	20
100–500	20	10	20	10	10	20
500–1000	20	30	20	10	20	20
> 1000	20	20	20	10	40	20

транспорта на выделенной полосе.

При этом разметка 1.16.1 (2,3) позволяет объехать препятствие в случае возникновения ДТП на выделенной полосе.

По данным ГУП «Мосгортранс», применение «московского стандарта» позво-

лило сократить задержки общественного транспорта, двигающегося по выделенным полосам, в два раза и увеличить его среднюю скорость на 15–20 % [4].

Для эффективной работы выделенной полосы необходимо обустроить зоны

перестроения таким образом, чтобы минимизировать количество прерываний разметки, отделяющей «выделенку» от прочих полос. Обычно это происходит на выездах с прилегающей территории при изменении полосности, организации парковок и т. п.

Величина длины перестроений зависит от интенсивности транспортного потока на поворотах (рис. 6) и разрешенной скорости движения (табл. 1–2).

На участках с низкой интенсивностью потока рекомендуется сокращать прерывание выделенной полосы до 6–8 м на выездах с прилегающей территории. При их обозначении применяют направляющую разметку 1.7 и разметку 1.23.1 (буква «А») до и после съезда.

При создании приоритета для общественного транспорта важно совершенствовать подходы не только в части организации выделенных полос, но и на пересечениях. В исследованиях [7] приводятся данные, согласно которым около половины задержек общественного транспорта приходится именно на пересечения улиц.

Одним из современных способов организации приоритета на перекрестках является применение датчиков совместно со спутниковыми технологиями GPS/ГЛОНАСС, которые фиксируют проезд общественного транспорта и адаптируют светофорное регулирование под проезд перекрестка с минимальными временными потерями. Таким образом можно



Рис. 4. Применение на пересечениях горизонтальной разметки 1.26 по траектории движения общественного транспорта для обеспечения его беспрепятственного проезда

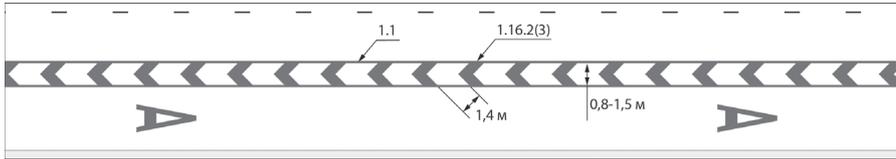


Рис. 5. Разделительная полоса, отделяющая выделенную полосу от полос общего пользования

сократить время задержек по маршруту до 30 %, особенно в городах с большим количеством перекрестков [6].

Авторы статьи предлагают рассмотреть сокращение фазы красного сигнала светофора как один из способов максимального благоприятствования для общественного транспорта при проезде пересечений.

В случае организации выделенной полосы на всем протяжении маршрута слишком длинные фазы красного света на перекрестках приводят к скоплению общественного транспорта, нарушению его расписания, а также ухудшают транспортный сервис для пассажиров.

В качестве решения предлагается использовать формулу, согласно которой время горения красного сигнала на подходах общественного транспорта не должно превышать его плановой интенсивности:

$$T_{кр} \leq T_{ср.авт},$$

где $T_{кр}$ — время красного сигнала;

$T_{ср.авт}$ — средняя частота подъезда автобусов к перекрестку (раз в определенное количество секунд в зависимости от перекрестка).

При применении данного подхода и расчете длительности фаз и промтактов на геометрически сложных перекрестках необходимо в первую очередь создавать благоприятные условия для пешеходов и общественного транспорта, а затем для остальных транспортных средств.

Еще одним способом организации приоритета на перекрестках для общественного транспорта является метод разнесенных стоп-линий, или дорожный шлюз (рис. 8). Его описание, а также поэтапная схема разъезда представлены в [8].

Практика применения дорожного шлюза в Москве позволила сформировать условия, при которых он значительно повышает эффективность общественного транспорта:

- наличие выделенной полосы, подходящей к перекрестку, и линий маршрутов, поворачивающих налево, с интенсивностью более 5 ед./ч;
- наличие на расстоянии не более 200 м двух перекрестков подряд, а также необходимости освобождения зоны между перекрестками от транспортных средств для организации приоритетного проезда общественного транспорта;
- наличие в зоне перекрестка двух стоп-линий подряд, а поворот направо осуществляется после проезда второй стоп-линии;
- на перекрестке используется выделенная полоса для левого или правого поворота.

Важно помнить, что для метода разнесенных стоп-линий характерна следующая тенденция: при увеличении интенсивности движения рост задержки легковых автомобилей происходит значительно быстрее, чем при варианте без разнесенных стоп-линий [8].

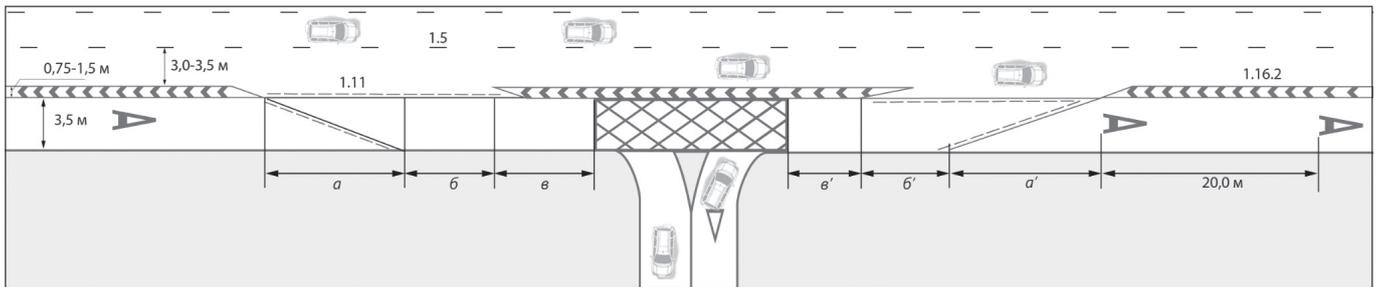


Рис. 6. Схема организации зон перестроений транспортных средств через выделенную полосу (величина a, b, v, v', b', a' — согласно табл. 1–2) в случае нерегулируемого движения на участке примыкания

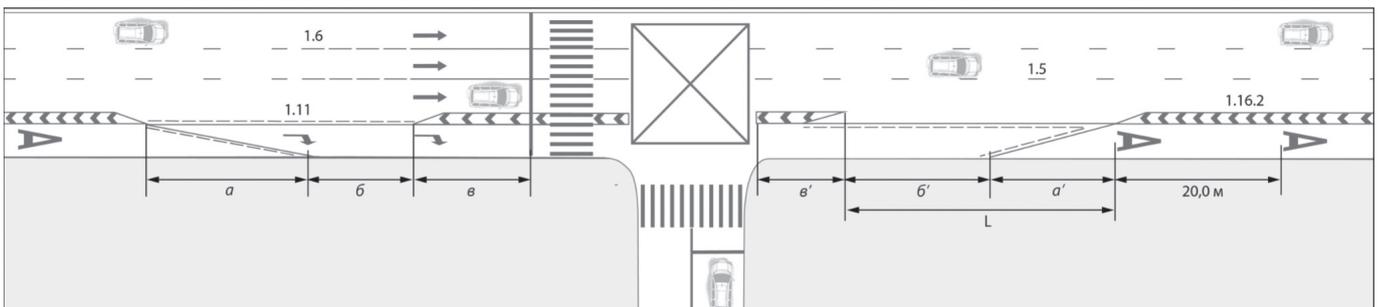


Рис. 7. Схема организации зон перестроений через выделенную полосу (величина a, b, v, v', b', a' — согласно табл. 3, в случае бесконфликтного регулируемого движения правого поворота с пересекаемой дорогой допускается уменьшение зоны 1.11 на выезд до $L = 10$ м)

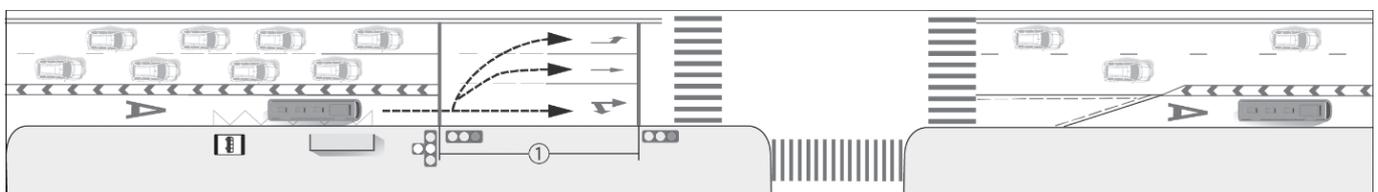


Рис. 8. Организация дорожного шлюза

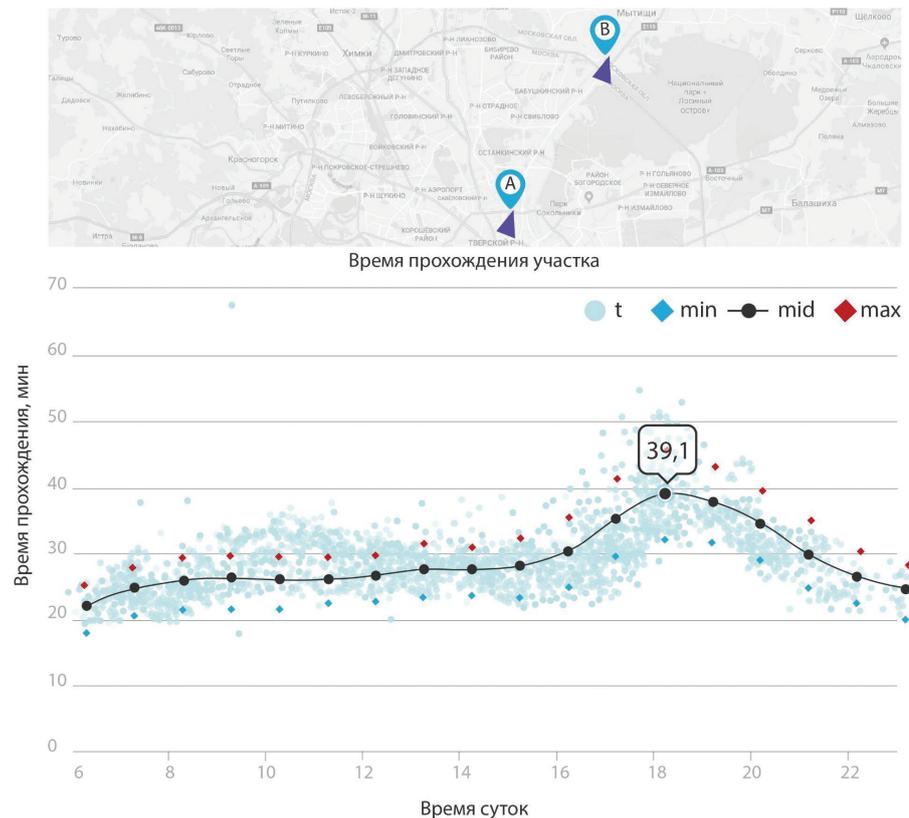


Рис. 9. Пример графика программного анализа времени проезда по маршруту общественного транспорта

И, наоборот, рост задержки общественного транспорта при увеличении интенсивности движения происходит значительно быстрее при штатном варианте организации движения. Следовательно, использование метода разнесенных стоп-линий позволяет повысить уровень сервиса обслуживания пассажиров за счет снижения задержек общественного транспорта на перекрестках.

Оценка эффективности выделенных полос

Авторы рекомендуют основывать оценку эффективности выделенных полос на детальном анализе времени проезда общественного транспорта по маршруту в пиковые и межпиковые интервалы. Предлагается применять дополнительные способы повышения эффективности «выделенок», описанные в данной статье, при выполнении одного из следующих условий:

- скачкообразный рост времени проезда общественного транспорта в часы пик по сравнению с межпиковыми интервалами более чем в 1,3–1,5 раза;
- разброс времени хода (за исключением 10 % самых быстрых и 10 % самых медленных проездов) превышает 10 минут.

Разброс времени хода — важный показатель эффективности выделенной полосы и уровня сервиса общественного транспорта. При оборудовании подвижного состава

датчиками GLONASS фиксирование времени хода происходит в автоматическом режиме. Массив данных по проездам одного и того же маршрута собирается минимум в течение недели, выводится на график, а затем анализируется.

На графике (рис. 9) голубыми точками показаны конкретные проезды по маршруту, черными, соединенными в линию, — среднее время проезда, красные и синие точки отсекают 10 % самых быстрых и 10 % самых медленных проездов соответственно. Чем сильнее разброс времени хода, тем ниже эффективность выделенной полосы и хуже уровень сервиса общественного транспорта для пассажиров.

Таким образом, для повышения привлекательности общественного транспорта необходимо улучшать инфраструктуру, которая обеспечит его преимущества на улично-дорожной сети города. Организовать это можно за счет:

- выделения полосы для движения только общественного транспорта;
- организации приоритетного проезда на пересечениях, в том числе за счет изменения циклов светофорного регулирования в сторону создания приоритета для общественного транспорта;
- на участках с выделенной полосой сокращения зон перестроения для непериприоритетного транспорта;
- исключения длительных прерываний выделенных полос.

Необходимо проводить постоянную оценку эффективности выделенных полос, отслеживая время проезда в пиковые и межпиковые интервалы, для того чтобы своевременно принять меры, которые позволят сократить задержки общественного транспорта и повысить уровень обслуживания пассажиров. ■

Литература

1. ГОСТ Р 52289–2019. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. — Москва : Стандартинформ, 2019. — 134 с.
2. Белова, А. М. Методика обоснования целесообразности выделения полос для движения маршрутного транспорта общего пользования. Автореферат. 2014. — 23 с.
3. Вечерняя Москва. Порядка 15 километров выделенных полос появятся в Москве в 2021 году. — URL: <https://vm.ru/news/866779-poryadka-15-kilometrov-vydelennyh-polos-poyavyatsya-v-moskve-v-2021-godu>.
4. Вечерняя Москва. Столичные автобусы за десять лет стали ходить быстрее на 15–20 процентов. — URL: <https://vm.ru/news/887574-avtobusy-moskvy-za-desyat-let-stali-hodit-bystrye-na-15-20-procentov>.
5. ЭЦ «Пробок.нет». Исследование: Сколько человек едет в автомобиле. — URL: <https://proboknet.livejournal.com/270737.html>.
6. Курганский, С. Г., Рожин П. С. Организация и внедрение приоритетного проезда наземного городского пассажирского транспорта на регулируемых перекрестках / С. Г. Курганский, П. С. Рожин // Транспорт РФ. — 2014. — № 4 (53). — С. 60–63.
7. Левашев, А. Г. К вопросу об оценке качества транспортного обслуживания в городах / А. Г. Левашев, А. Ю. Михайлов, М. И. Шаров // Современные проблемы транспортного комплекса России. — 2013. — № 3. — С. 16–23.
8. Мирончук, А. А. Граничные условия организации приоритетного движения автобусов с использованием метода разнесенных стоп-линий // Инженерный вестник Дона. — 2012. — № 4 (часть 1). — С. 134–138.
9. Руководство по проектированию городских улиц и дорог. ЦНИИП по градостроительству Госгражданстрой. — Москва : Стройиздат, 1980. — 222 с.

Система транспортного образования в России: анализ ситуации и ключевые аспекты



А. Ю. Овчинников,
канд. мед. наук, проректор
ФГАОУ ВО «Российский
университет транспор-
та» (РУТ (МИИТ))



Е. А. Царькова,
канд. пед. наук, начальник
управления развития
профессионального
образования
РУТ (МИИТ)



О. В. Головина,
канд. пед. наук,
заместитель начальника
управления развития
профессионального
образования
РУТ (МИИТ)



Т. А. Семенова,
главный эксперт
управления развития
профессионального
образования
РУТ (МИИТ)

Долгосрочные задачи развития транспортной отрасли, определенные в Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, требуют особого внимания к вопросам подготовки кадров, подчеркивая неотъемлемую закономерность между внедрением прорывных проектов и человеческим ресурсом, способным обеспечить их реализацию, выделяя системообразующие специфические ориентиры развития образования в области транспорта.

Концепция подготовки кадров для транспортного комплекса России, утвержденная распоряжением Правительства РФ от 6 февраля 2021 г. № 255-р [1], определила приоритеты развития системы российского транспортного образования в условиях ключевых вызовов, в том числе:

- технологическую трансформацию транспортной отрасли;
- цифровизацию процессов и производств в области создания и сопровождения транспортных перевозок;
- критические изменения в научно-технологической сфере, а также в структуре рынка труда;
- кардинальные сдвиги в подходах к организации образовательного процесса и новых технологиях, основанные на IT-решениях.

Также в числе задач необходимо отметить создание точек генерации исследований мирового уровня, развитие международного научного сотрудничества и продвижение наших образовательных продуктов за рубежом, вхождение транспортных вузов в международные предметные (отраслевые) рейтинги. Необходимо формирование эффективных моделей привлечения талантов и управления ими, инфраструктурное развитие, укрепление материальной базы транспортных образовательных организаций, направленное на создание современных кампусов, оптимизацию и развитие имущественного комплекса. Следует обеспечить выполнение Российской Федерацией международных обязательств в области конвенционной подготовки и воспитатель-

ной работы, предусмотреть усиление интеграции образовательного и воспитательного процессов.

Среди основных направлений, связанных с подготовкой кадров, в Концепции выделяются две ключевые линии на период до 2035 г.:

- обеспечение транспортной системы квалифицированным персоналом для ее бесперебойной работы и развития;
- формирование среды притяжения и развития лидеров изменений отрасли.

Выделенные приоритеты подразумевают различные институциональные решения, инструменты и модели реализации.

Так, для формирования отраслевого кадрового резерва лидеров изменений недостаточно разработки основных либо дополнительных образовательных программ по развитию профессиональных компетенций и лидерских качеств сегодняшнего бизнеса, топ-менеджеров транспортных компаний и руководителей среднего звена. Для транспортной отрасли нужен новый опыт подготовки кадрового резерва, ориентированный на проектный подход, новое транспортное будущее России.

В статье приводятся результаты комплексного исследования состояния профессионального образования в области наземного, морского и воздушного транспорта по уровням образования с отражением реальной ситуации с подготовкой кадров в разрезе отдельных видов программ.

По состоянию на декабрь 2020 г. программы подготовки в области транспор-

та¹ по направлениям бакалавриата, магистратуры и специалитета реализуют 272 российских университета (включая их филиалы).

Сеть образовательных организаций, подведомственных Минтрансу и федеральным агентствам, включает 17 образовательных организаций высшего образования, в том числе 3 — гражданской авиации, 5 — водного транспорта, 8 — железнодорожного транспорта, а также общетранспортный университет — Российский университет транспорта. Кроме этого, сеть транспортного образования² включает 91 филиал образовательных организаций высшего образования, реализующих в том числе программы среднего профессионального образования и обучения, дополнительные профессиональные программы.

Анализ сети транспортных образовательных организаций показывает, что головные университеты Минтранса имеются почти во всех федеральных округах (кроме Северо-Кавказского), при этом университеты, находящиеся в ведении Росавиации, расположены в трех федеральных округах (Северо-Западном, Центральном и Приволжском), Росжелдора — в шести округах (Северо-Западном, Приволжском, Южном, Уральском, Сибирском и Дальневосточном), Росморречфлота — в пяти округах (Северо-Западном, Приволжском, Южном, Сибирском и Дальневосточном).

Наименования направлений подготовки и специальностей высшего образования, а также профессий и специальностей среднего профессионального образования включает совокупно 105 позиций соответствующих перечней высшего и среднего профессионального образования.

¹ К укрупненным группам профессий, специальностей и направлений подготовки в области транспорта в соответствии с приказами Министерства образования и науки Российской Федерации от 29 октября 2013 г. № 1199 «Об утверждении перечней профессий и специальностей среднего профессионального образования» и от 12 сентября 2013 г. № 1061 «Об утверждении перечней специальностей и направлений подготовки высшего образования» относятся: УГ 23.00.00 — «Техника и технологии наземного транспорта», УГ 24.00.00 — «Авиационная и ракетно-космическая техника», УГ 25.00.00 — «Аэронавигация и эксплуатация авиационной и ракетно-космической техники», УГ 26.00.00 — «Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта».

² К образовательным организациям транспортного образования в статье отнесены отраслевые транспортные университеты, реализующие программы высшего и среднего профессионального образования, учрежденные соответственно Министерством транспорта РФ, а также федеральными агентствами по воздушному, железнодорожному, морскому и речному транспорту.

Таблица 1. Соотношение количества реализуемых программ бакалавриата, магистратуры и специалитета в разрезе федеральных округов

Округ	Программы бакалавриата		Программы специалитета		Программы магистратуры	
	В образовательных организациях Минтранса	В иных образовательных организациях	В образовательных организациях Минтранса	В иных образовательных организациях	В образовательных организациях Минтранса	В иных образовательных организациях
ПФО	12	80	36	31	5	45
УФО	3	29	19	17	1	18
ДФО	7	32	29	21	2	10
СФО	17	49	21	21	8	27
СКФО	0	25	0	3	0	7
ЮФО	9	40	20	21	3	22
ЦФО	12	84	21	51	6	47
СЗФО	11	36	16	25	7	20
ВСЕГО	71	375	162	190	32	196



Рис. 1. Долевое распределение программ в разрезе уровней профессионального образования

Наиболее широко в общем спектре представлены программы подготовки квалифицированных рабочих — 28 % (29 программ), далее следуют программы специалитета — 24 %, программы подготовки специалистов среднего звена — 21 %, бакалавриата — 14 %, магистратуры — 13 % (рис. 1).

Высшее образование

В отечественных университетах (по состоянию на декабрь 2020 г.) по указанной выше выборке реализовывалось 1026 образовательных программ высшего образования, среди которых 265 (25,8 %) относится к образовательным организациям, подведомственным Минтрансу и агентствам.

На рис. 2 представлена гистограмма, отражающая структуру подготовки в области транспорта в разрезе уровней профессионального образования. Очевидно, что по общему количеству доминируют два вида программ, относящихся к разным уровням профессионального образования.

Среди всех транспортных направлений высшего образования программы

бакалавриата занимают первое место. Так, сегодня в области транспорта в России реализуется 446 программ подготовки бакалавров, из которых 71 (15,9 %) — в транспортных университетах.

На втором месте стоят программы специалитета. Из 352 транспортных программ 162 реализуются в подведомственных организациях Минтранса России и федеральных агентств на транспорте.

Программы магистратуры занимают последнее место по количеству. В это число входит 228 программ, из которых только 32 реализуются в транспортных университетах (табл. 1).

Очевидно, что наиболее высокая плотность подготовки по направлениям транспорта сегодня отмечается в Центральном (260 программ), Приволжском (205) и Сибирском (143) федеральных округах, что составляет 58,8 % от всего объема транспортных образовательных программ, реализуемых в стране.

Анализ общей динамики поступления на программы высшего образования в области транспорта по стране свидетельствует о ее устойчивости

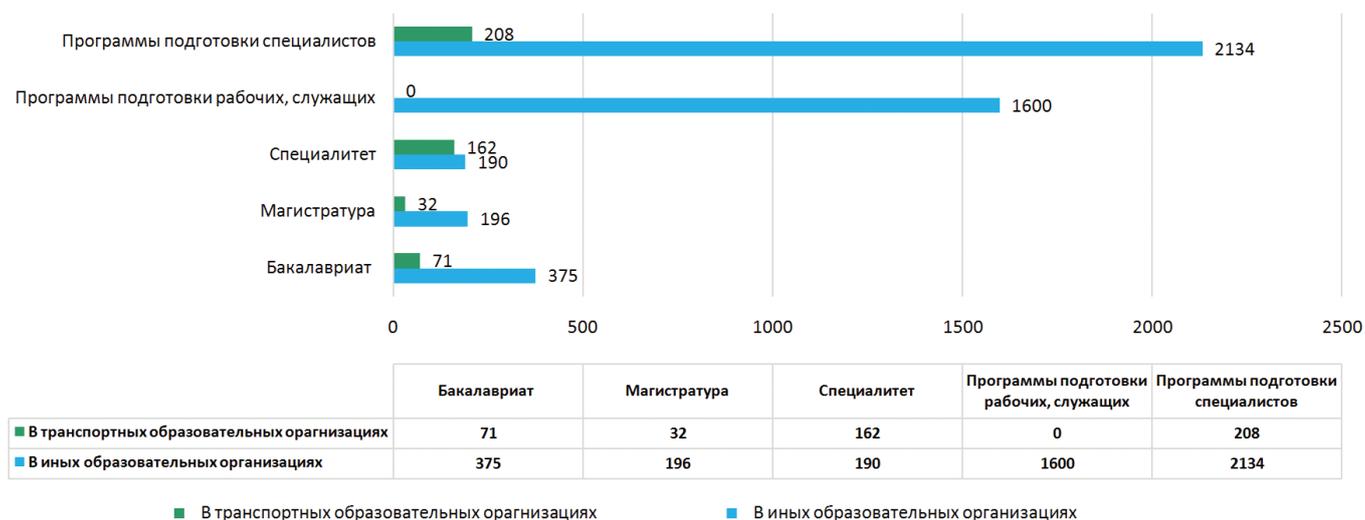


Рис. 2. Соотношение программ обучения по уровням профессионального образования

с небольшой отрицательной динамикой. В период с 2018 по 2020 г. численность обучающихся сократилась на 6 896 человек (3,18 %) (рис. 3).

Общий контингент российских университетов по направлениям подготовки и специальностям в области транспорта в 2020 г. составил 209 960 человек, или 5,18 % от общей численности всех обучающихся в высших образовательных организациях России.

Общее сокращение контингента по программам наиболее выражено в области наземного транспорта (УГ23.00.00): в этой группе количество принятых на обучение сократилось на 6,3 тысячи человек от базового значения 2018 года. Однако есть и отклонения от общей динамики: так, с 2018 по 2021 год в Российском университете транспорта РУТ (МИИТ) количество обучающихся только по укрупненной группе в области наземного транспорта выросло на 23,75 %.

Общий контингент в отраслевых транспортных университетах, подведомственных Минтрансу и его агентствам, превышает 270 000 человек. Однако из этого числа по укрупненным группам в области транспорта непосредственно обучается лишь 77 860 человек.

В то же время по отношению к общей численности контингента обучающихся по соответствующим укрупненным группам в системе высшего образования России контингент транспортных университетов составляет 37 %.

Как показывает анализ, по уровням высшего образования данные распределяются следующим образом (табл. 3).

Из таблицы видно, что наибольшая доля обучающихся и принятых на обучение по укрупненным группам специальностей транспортной отрасли в вузах, подведомственных Минтрансу и агентствам, приходится на уровень образования «специалитет»: соответственно

78,9 % от общей численности обучающихся и 75,4 % принятых на обучение.

На рис. 4 показано распределение контингента обучающихся в отраслевых университетах в разрезе ведомственной принадлежности (по транспортным направлениям и специальностям):

- в Российском университете транспорта (Минтранс) — 13,4 тыс. чел. (17,2 % от общей численности обучающихся);
- в вузах Росавиации — 12,4 тыс. чел. (15,9 %);
- в вузах Росжелдора — 37,8 тыс. чел. (48,5 %);
- в вузах Росморречфлота — 14,3 тыс. чел. (18,4 %).

Анализ приема на первый курс в вузы, подведомственные Минтрансу и его агентствам, в 2020 г. позволяет оценить общую динамику предпочтений абитуриентов.

Так, в целом прием на обучение составил 17,2 тыс. чел., в том числе:

- в вузы Минтранса — 2,9 тыс. чел. (16,9 % от общей численности обучающихся);
- в вузы Росавиации — 2,6 тыс. чел. (15,1 %);
- в вузы Росжелдора — 8,4 тыс. чел. (48,8 %);
- в вузы Росморречфлота — 3,3 тыс. чел. (19,2 %).

Спрос по номенклатуре образовательных программ высшего образования у абитуриентов и образовательных организаций распределяется неравномерно.

Из соответствующего рейтинга (рис. 5) видно, что наибольшей популярностью пользуются две программы бакалавриата и преемственные к ним программы магистратуры: «Эксплуата-

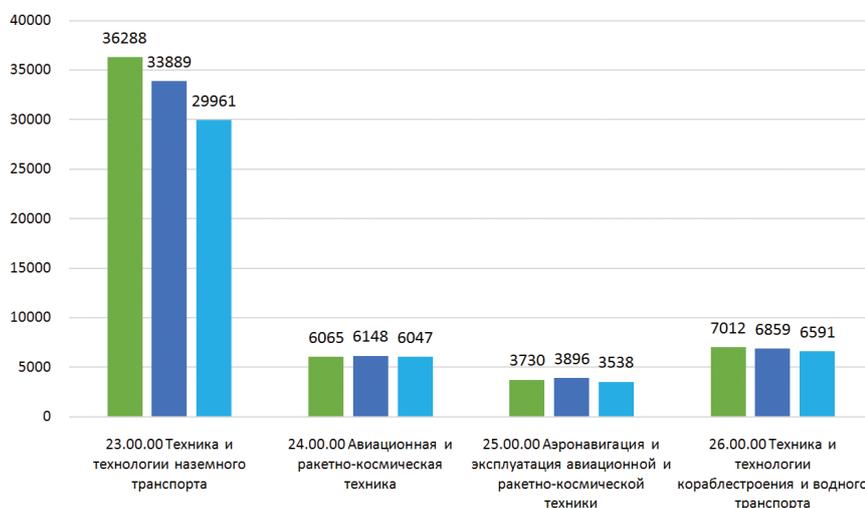


Рис. 3. Динамика приема по специальностям и направлениям подготовки в 2018–2020 гг.



Рис. 4. Распределение контингента обучающихся профильных направлений подготовки среди ведущих организаций транспортного образования

ция транспортно-технологических машин и комплексов» и «Технология транспортных процессов», а также программа специалитета «Наземные транспортно-технологические средства». Эти программы реализуются в большей части субъектов Российской Федерации.

Три программы в России являются уникальными и реализуются только в одном вузе: 25.04.04 — «Эксплуатация аэропортов и обеспечение полетов воздушных судов» (ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации»), 25.05.02 — «Техническая эксплуатация и восстановление электросистем и пилотажно-навигационных комплексов боевых летательных аппаратов» (ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»), 26.05.02 — «Проектирование, изготовление и ремонт энергетических установок и систем автоматизации кораблей и судов» (ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»).

Оценка спроса в образовательных организациях системы транспортного образования позволяет выделить несколько другой перечень наиболее востребованных позиций, отличный от всероссийского. В связи со значительным преобладанием среди организаций транспортного образования университетов Росжелдора, рейтинг подготовки возглавляют четыре специальности для железнодорожного транспорта:

- 23.05.03 — «Подвижной состав железных дорог»;
- 23.05.04 — «Эксплуатация железных дорог»;
- 23.05.05 — «Системы обеспечения движения поездов»;
- 23.05.06 — «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей»;

Таблица 2. Данные по численности обучающихся в транспортных вузах

Уровень образования	Численность обучающихся в вузах, подведомственных Минтрансу и агентствам		Прием в вузы, подведомственные Минтрансу и агентствам	
	Абс. (чел.)	В % к общей численности	Абс. (чел.)	В % к общему приему
Бакалавриат	14 501	18,6	3 329	19,3
Специалитет	61 399	78,9	12 966	75,4
Магистратура	1 960	2,5	909	5,3
ВСЕГО	77 860	100	17 204	100

- 25.05.05 — «Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения»;
- 26.05.05 — «Судовождение»
- 26.05.06 — «Эксплуатация судовых энергетических установок».

Одновременно с этим подготовка специалистов для транспортного комплекса ведется также и в других укрупненных группах специальностей и направлений подготовки высшего и среднего профессионального образования.

Так, например, программы высшего образования с ориентацией на профили транспортного комплекса реализуются также в укрупненных группах 08.00.00 — «Техника и технологии строительства», 27.00.00 — «Управление в технических системах», 38.00.00 — «Экономика и управление», 40.00.00 — «Юриспруденция». Программы среднего профессионального образования также реализуются в УГ 11.00.00 — «Электроника, радиотехника и системы связи».

Только по укрупненным группам в области транспорта в России выпуск специалистов на рынок труда ежегодно составляет около 36 тыс. человек (рис. 6).

По сравнению с высшим образованием в среднем профессиональном образовании (СПО), напротив, зафиксирован ежегодный прирост абитуриентов на 3 тыс. человек в год на профессии и специальности транспортной сферы.

Среднее профессиональное образование

Программы СПО по тем же основным четырем укрупненным группам в области транспорта реализуются в 1716 образовательных организациях Российской Федерации из 3273, что составляет 52,42 %. Из них 95 организаций относятся к организациям транспортного образования.

Сегодня в области транспорта в стране в общей сложности реализуется 3734 образовательные программы СПО, из которых:

- 1600 — по профессиям в области наземного, воздушного, ракетно-космического и водного транспорта;
- 2134 — по специальностям СПО.

Количество реализуемых в России программ в области наземного, водного, воздушного транспорта и ракетно-космической техники занимает 25 % от общего числа программ среднего профессионального образования.

По состоянию на декабрь 2020 года 208 программ по специальностям СПО (или 9,75 %) реализовывались образовательными организациями, подведомственными Минтрансу и федеральным агентствам.

Все программы подготовки рабочих по профессиям реализуются исключительно образовательными организациями субъектов РФ. При этом по укрупненной группе «Авиационная и ракетно-космическая техника» программы подготовки квалифицированных рабочих в РФ не реализуются. Также не реализуются образовательными организациями Минтранса и его агентств программы в области транспорта по профессиям рабочих.

Рассмотрим особенности подготовки по укрупненным группам специальностей СПО в области транспорта. Самую большую долю (51,21 %) занимают профессии и специальности укрупненной группы «Техника и технологии наземного транспорта» (суммарно 21 программа). В области техники и технологии кораблестроения и водного транспорта перечень включает 17 программ (41,46 %), далее по убыванию идут группы «Аэронавигация и эксплуатация авиационной и ракетно-космической техники» — 8 программ (19,51 %). И только 5 программ (12,19 %) реализуются по специальностям укрупненной группы «Авиационная и ракетно-космическая техника».

Наибольший перевес в сторону именно профессий СПО сохраняется за счет переходного этапа, когда по-прежнему

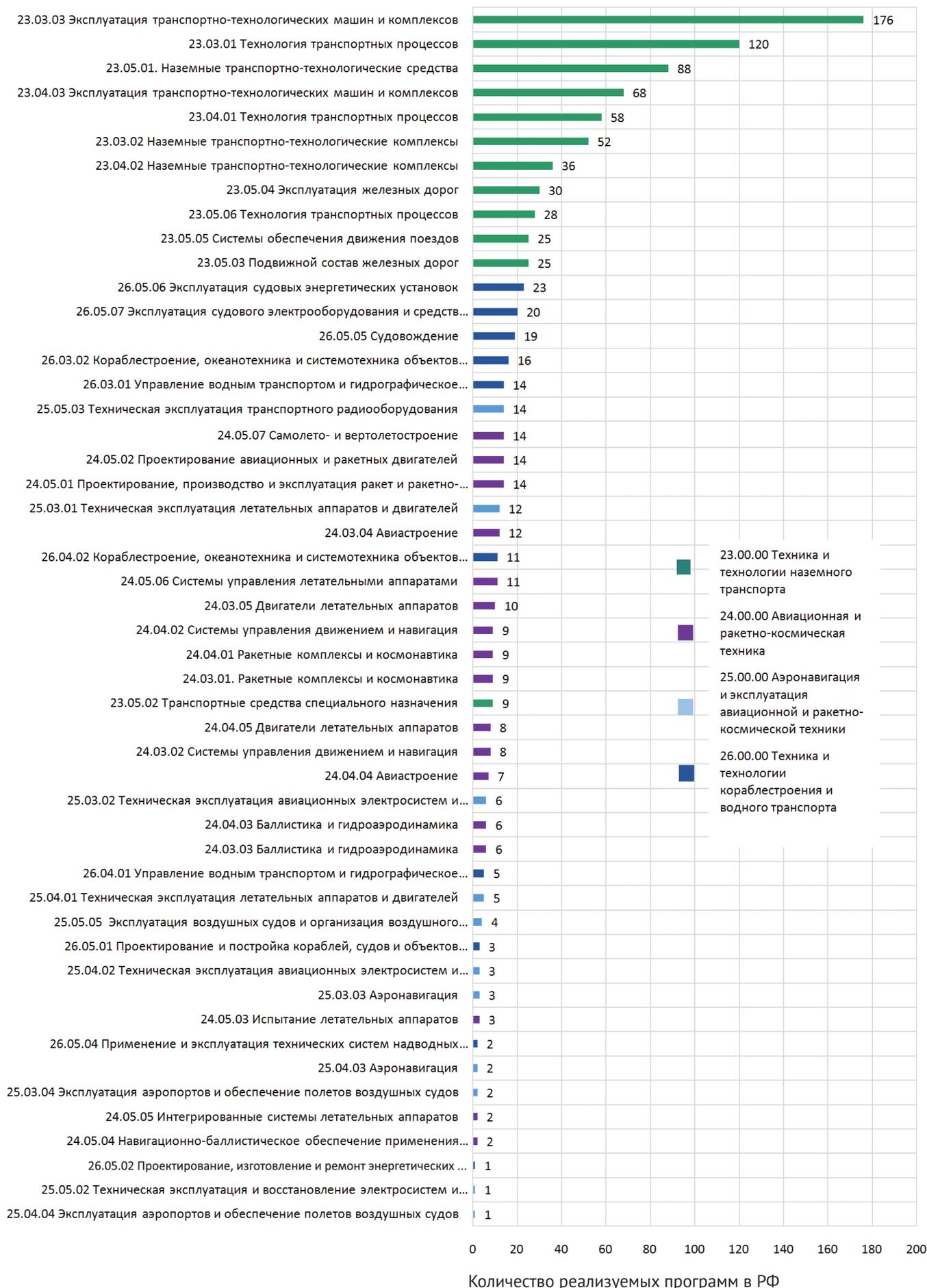


Рис. 5. Рейтинг программ высшего образования в области транспорта на территории РФ в 2021 г.

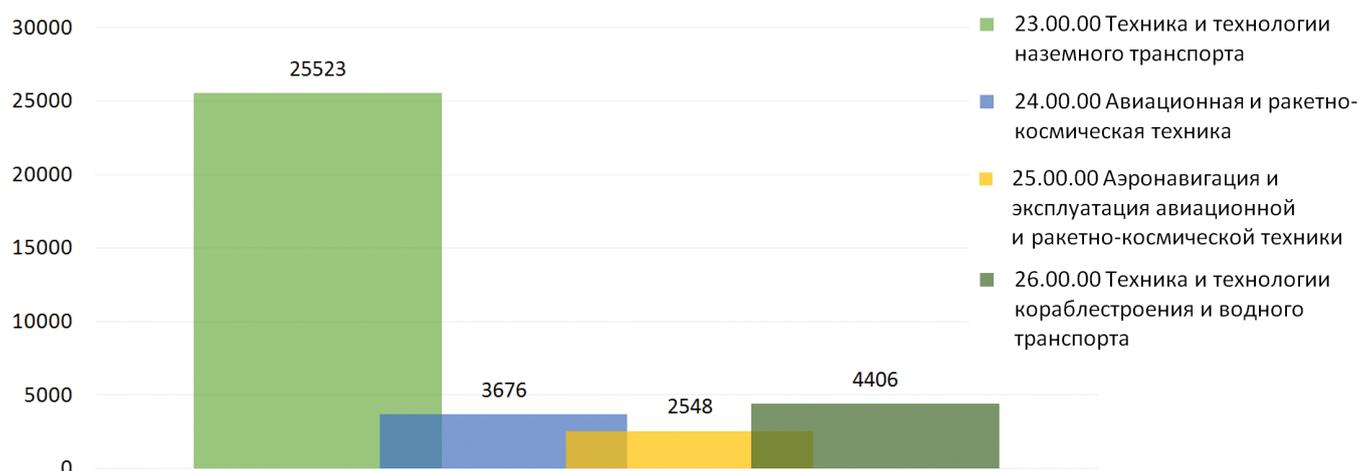


Рис. 6. Объемы выпуска на рынок труда РФ организациями высшего образования специалистов в области транспорта (по состоянию на 2020 г.)

(до момента последнего выпуска студентов) продолжают свою реализацию массовые профессии и специальности, в отношении которых уже вступило в силу решение об исключении их из перечня с 1 января 2021 г. (23.01.03 — «Автомеханик» (652 программы); 23.02.03 — «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта» (877 программ)) и некоторые другие.

На смену этим позициям приказом Минобрнауки № 1477 от 25 ноября 2016 г. «О внесении изменений в некоторые приказы Министерства образования и науки РФ, касающиеся профессий и специальностей среднего профессионального образования» внесены соответствующие новые профессии и специальности: 23.01.17 — «Мастер по ремонту и обслуживанию автомобилей», 23.02.07 — «Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей», 25.02.06 — «Производство и обслуживание авиационной техники», 25.02.07 — «Техническое обслуживание авиационных двигателей», 25.02.08 — «Эксплуатация беспилотных авиационных систем».

Ниже, на рис. 7, приведен топ-25 программ среднего профессионального образования в области транспорта¹.

Нижнюю часть рейтинга профессий и специальностей (с точки зрения невысокого интереса образовательных организаций) возглавляет профессия «Водолаз», а также некоторые профессии работников по обслуживанию судовых машин, железнодорожных составов либо

Таблица 3. Перечень образовательных программ СПО и реализующих их организаций

Наименование образовательных программ	Количество образовательных организаций, реализующих программы СПО в РФ
23.01.11. «Слесарь-электрик по ремонту электрооборудования подвижного состава (электровозов, электропоездов)»	10
25.02.01. «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей»	10
26.01.03. «Слесарь-монтажник судовой»	10
25.02.03. «Техническая эксплуатация электрифицированных и пилотажно-навигационных комплексов»	9
24.02.02. «Производство авиационных двигателей»	8
26.01.06. «Судоводитель — помощник механика маломерного судна»	8
24.01.01. «Слесарь-сборщик авиационной техники»	7
25.02.04. «Летная эксплуатация летательных аппаратов»	7
26.01.09. «Моторист судовой»	7
26.01.07. «Матрос»	6
26.01.08. «Моторист (машинист)»	6
23.01.05. «Оператор транспортного терминала»**	5
25.02.07. «Техническое обслуживание авиационных двигателей»	5
23.01.13. «Электромонтер тяговой подстанции»	4
24.01.04. «Слесарь по ремонту авиационной техники»	4
26.01.04. «Электрорадиомонтажник судовой»*	4
26.01.12. «Электрик судовой»**	4
23.01.02. «Докер-механизатор»	3
25.02.05. «Управление движением воздушного транспорта»	3
23.01.04. «Водитель городского электротранспорта»**	2
23.01.05. «Слесарь по ремонту городского электротранспорта»*	2
23.01.12. «Слесарь-электрик метрополитена»	2
25.02.02. «Обслуживание летательных аппаратов горюче-смазочными материалами»	2
23.01.15. «Оператор поста централизации»	1
23.01.16. «Составитель поездов»	1
24.01.02. «Электромонтажник авиационной техники»**	1
26.01.12. «Механик маломерного судна»	1
26.01.13. «Водолаз»	1

* Профессии завершают реализацию в СПО в связи с прекращением действия с 01.09.2020 г.

** Запланировано прекращение действия с 01.01.2022 года

¹ Набор обучающихся по профессии СПО 23.01.17 «Автомеханик», специальности СПО 23.02.03 «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта» прекращен 1 января 2021 г. в соответствии с приказом Министерства просвещения РФ от 21 октября 2019 г. № 569.

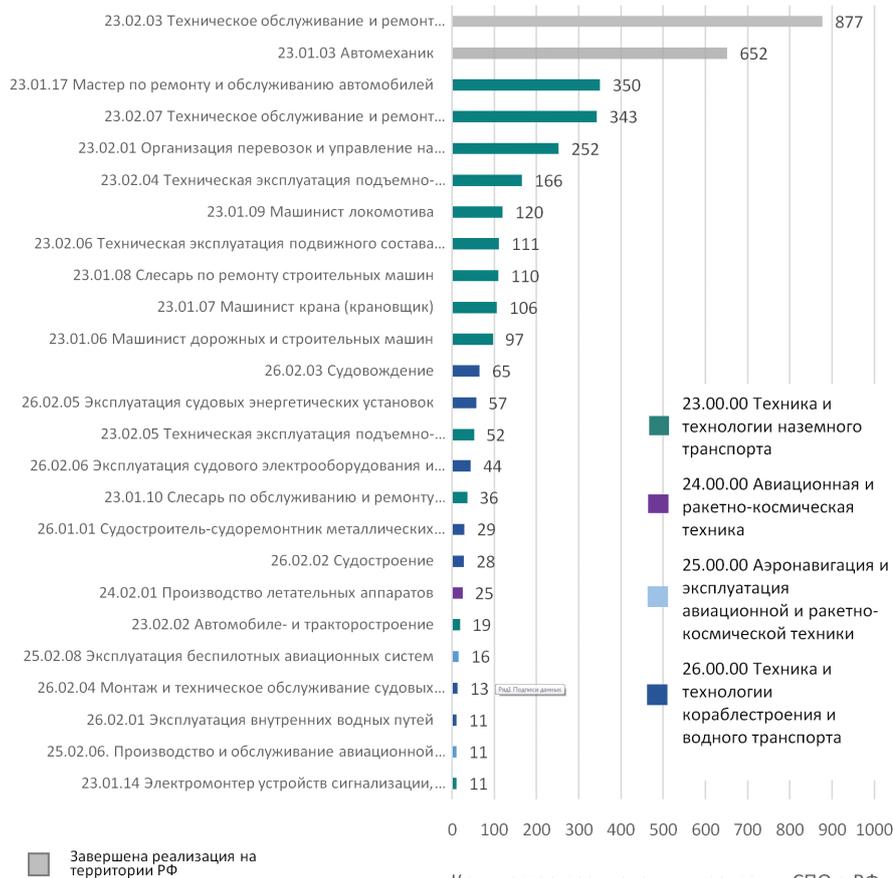


Рис. 7. Топ-25 программ СПО в области транспорта, реализуемых в образовательных организациях РФ в 2021 г.



Рис. 8. Профессии и специальности СПО для железнодорожного транспорта, реализуемые в образовательных организациях РФ

линейного персонала авиационных предприятий. Объективная причина этого заключается в широком распространении в РФ аналогичных программ профессиональной подготовки с более коротким сроком их освоения (табл. 3).

Наиболее массовыми в образовательных организациях, подведомственных Минтрансу и федеральным агентствам, на транспорте являются следующие специальности:

- 23.02.06 — «Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог» (36 % от общего приема на специальности среднего профессионального образования по транспортной отрасли);

- 23.02.01 — «Организация перевозок и управление на транспорте (по видам)» (25,4 %);

- 26.02.03 — «Судовождение» (11,6 %).

Как видно из приведенных данных, структура подготовки в высшем и среднем транспортном образовании позволяет при соответствующем качественно организованном образовательном процессе и современных условиях реализации образовательных программ обеспечить всю потребность в подготовке кадров для транспортного комплекса.

Особый интерес представляют программы подготовки рабочих и специалистов для железнодорожного транспорта.

Статистика свидетельствует, что подготовка по ним осуществляется в 63 субъектах РФ, в том числе в 10 университетах и 53 филиалах организаций высшего образования, а также в 87 профессиональных образовательных организациях и 2 их филиалах.

Среди программ СПО для железнодорожного транспорта, пользующихся популярностью в колледжах, следует отметить 23.02.06 — «Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог» (более 50 % от всех программ по железнодорожному направлению), а также 23.02.01 — «Организация перевозок и управление на транспорте (с профилизацией на железную дорогу)» — 36 % от всех программ (рис. 8).

Общий контингент колледжей и техникумов по профессиям и специальностям в области транспорта в 2020 году по стране составил 402 900 человек, что в два раза больше, чем количество обучающихся в вузах.

По отношению к общему контингенту российских колледжей студенты, получающие квалификацию для работы именно в области наземного, морского и воздушного транспорта составляют 12,07 % (по состоянию на 2020 г.). При этом только 21 291 человек — 5,28 % — обучаются в системе транспортных университетов Минтранса и федеральных агентств.

Цифры приема в образовательные организации СПО отражают положительную динамику в части набора на профессии и специальности в области транспорта. За последние три года количество обучающихся увеличилось на 5 819 человек. Основной приток абитуриентов (5690 студентов первых курсов) — по укрупненной группе 23.00.00 «Техника и технологии наземного транспорта» (рис. 9).

Кроме обучения по основным укрупненным группам на транспортный комплекс ориентированы также профессии и специальности из других укрупненных групп:

- 08.01.16 — «Электромонтажник по сигнализации, централизации и блокировке»;

- 08.01.22 — «Мастер путевых машин»;

- 08.01.23 — «Бригадир-путеец»;

- 43.01.03 — «Бортпроводник судовой»;

- 43.01.05 — «Оператор по обработке перевозочных документов на железнодорожном транспорте»;

- 43.01.06 — «Проводник на железнодорожном транспорте».

А также специальности:

- 08.02.05 — «Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов»;
- 08.02.06 — «Строительство и эксплуатация городских путей сообщения»;
- 08.02.10 — «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство»;
- 11.02.06 — «Техническая эксплуатация транспортного радиоэлектронного оборудования (по видам транспорта)»;
- 11.02.08 — «Средства связи с подвижными объектами»;
- 12.02.01 — «Авиационные приборы и комплексы»;
- 27.02.03 — «Автоматика и телемеханика на транспорте (железнодорожном транспорте)»;
- 38.02.03 — «Операционная деятельность в логистике»;
- другие.

В прошедшем 2020 г. по итогам освоения программ СПО из колледжей и техникумов России по указанным в статье четырем укрупненным группам на рынок труда страны вышли 90 504 человека.

Основные задачи и перспективы

Подводя итог, необходимо отметить, что сегодня масштабные задачи по реализации национальных проектов, в том числе «Безопасные и качественные автомобильные дороги» [2], а также ускорение технологического развития транспортного комплекса обуславливают необходимость применения новых знаний и практических компетенций, полученных с учетом обновления инфраструктуры и качества отраслевого образования специалистов-транспортников. Однако не только обновление инфраструктуры движет развитием отраслевой системы подготовки кадров. Сегодня исследователи образования отмечают необходимость выбора основных моделей диверсификации подготовки с учетом международного опыта, определения треков дальнейшего развития высшего образования [3, 4].

В концепции подготовки кадров для транспортного комплекса России отмечено, что необходимо предусмотреть обеспечение государственной поддержки строительства, содержания, эксплуатации и обновления тренажерной, учебной, лабораторной и исследовательской базы транспортных образовательных организаций, необходимой для развития практических навыков обучающихся.

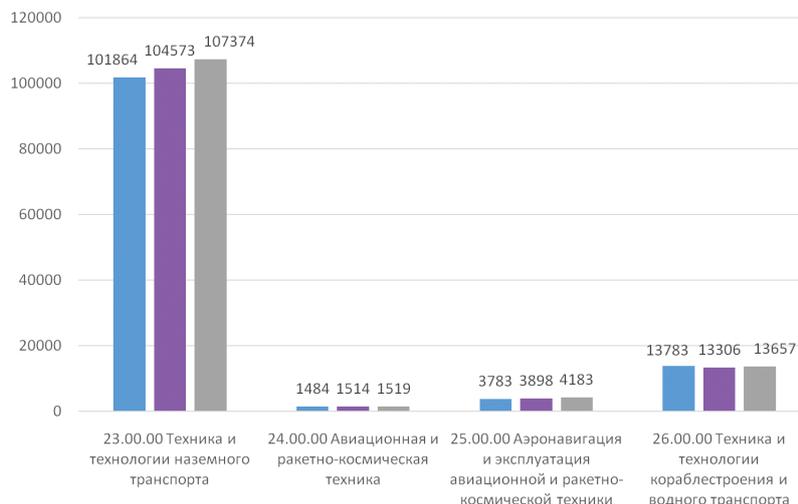


Рис. 9. Динамика приема по профессиям и специальностям СПО в 2018–2020 гг.

Результаты исследований структуры транспортного образования свидетельствуют о значительных объемах подготовки как в высшем, так и в среднем профессиональном образовании, но за последние годы отмечена тенденция перераспределения абитуриентов в пользу программ СПО, где изменения номенклатуры и качества образовательных программ, а также модернизация материально-технической базы повышают интерес домохозяйств к обучению в колледжах и техникумах страны.

Несмотря на острую потребность в подготовке пласта современных специалистов цифровых и технологических трансформаций транспортной отрасли, сегодня модернизация высшего образования осуществляется медленно, эволюционно.

Научно-образовательное сообщество зачастую не готово к формированию новой структуры и качества образования, а рынок труда фиксирует определенную рассинхронизацию между реальным результатом подготовки и ожиданиями от вузовской системы образования.

Отдельное внимание необходимо уделить проблеме отсутствия влияния на часть рынка образовательных услуг, оказываемых за пределами системы транспортного образования. Особенно это ощутимо по программам бакалавриата, магистратуры и в системе среднего профессионального образования, где количество неподведомственных Министерству транспорта и федеральным агентствам организаций значительно больше. При этом заказчиком подготовки для выпускников выступает один и тот же набор работодателей.

Для полноценной интеграции транспортных университетов в процессы обновления высшего образования необходима тесная координация и мобилизация всего экспертно-методического потенциала транспортного образования. Требуется создание новых научно-образовательных кластеров в области транспорта, основанных на экспертном участии лидеров изменений. Этот вопрос необходимо решать совместно с властными структурами и отраслевыми бенефициарами: корпорациями, крупными производственными компаниями, агрегаторами изменений для полноценной реализации мероприятий Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года [5].

Литература

1. Об утверждении Концепции подготовки кадров для транспортного комплекса до 2035 года : распоряжение правительства РФ от 06 февраля 2021 № 255.
2. Паспорт национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги», утвержденный президиумом совета при президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам 24 декабря 2018 г.
3. Гаранин, М. А. Транспортное образование в мире // Транспорт Российской Федерации. — 2020. — № 3. — С. 61–71.
4. Левин, Б.Л. Транспортное образование // Коммерсантъ Власть. — № 24. — 2015. — С. 38.
5. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. №3363-р»

Совершенствование расчетных режимов нагружения рамы тележки грузового вагона



Г. И. Гаджиметов,
руководитель испытательного центра
АО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (ВНИКТИ)



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



И. В. Фомина,
заведующий лабораторией рамных и корпусных конструкций отдела прочности
АО «ВНИКТИ»



В. А. Быков,
канд. техн. наук,
ведущий научный сотрудник
АО «ВНИКТИ»

В статье представлен анализ положений нормативных документов, содержащих методики выполнения расчетов на прочность по допускаемым напряжениям рам тележек подвижного состава. По результатам исследований обоснован дополнительный расчетный режим, актуальный при эксплуатации грузовых вагонов со сварной конструкцией рамы тележки.

Долгосрочной программой развития ОАО «РЖД» [1] предусмотрено увеличение скорости движения грузовых поездов. В соответствии с [2] максимальная скорость грузовых вагонов на трехэлементных тележках ограничена 90 км/ч. В связи с этим ведется разработка вагонов-платформ, предназначенных для перевозки контейнеров со скоростями движения до 140 км/ч, в составе которых используются тележки с рамой сварной конструкции.

Для допуска железнодорожного подвижного состава к эксплуатации проводится комплекс расчетно-экспериментальных проверок на прочность конструкций экипажной части вагона, которые включают:

- теоретические расчеты на стадии проектирования для выбора рациональных конструктивных форм и обоснования применяемых материалов;
- стендовые испытания на сопротивление усталости и несущую способность по допускаемым напряжениям для проверки адекватности (валидации) расчетных моделей и отработки технологии изготовления;
- комплексные динамико-прочностные испытания для оценки прочности конструкций вагона при выполнении поездной работы.

Методические подходы для проведения расчетов и стендовых испытаний для оценки сопротивления усталости сварных несущих конструкций тележек грузовых вагонов рассмотрены в [3–5].

При проектировании тележки грузового вагона кроме оценки несущих элементов конструкций на сопротивление усталости проводят комплекс расчетов и испытаний в относительно

редких режимах нагружения, при которых имитируются наиболее опасные с точки зрения прочности возможные сочетания эксплуатационных воздействий. При этом оценка прочности в этих режимах проводится по допускаемым напряжениям относительно предела текучести материала ($\sigma_{0,2}$) и на отсутствие остаточных деформаций.

Расчетные режимы для обеспечения и оценки прочности конструкций тележки грузового вагона по допускаемым напряжениям приведены в ГОСТ 33211–2017 [5] и предусматривают следующее:

- 1) Ia — сочетание сил, действующих на тележку при соударении вагона при роспуске с сортировочной горки;
- 2) Ib — проход вагонного замедлителя при роспуске вагона с сортировочной горки;
- 3) Iv — торможение состава, движущегося в кривом участке пути;
- 4) III — предварительную оценку сопротивления усталости.

При расчете рамы тележки по I режиму учитываются силы:

- сила тяжести брутто;
- вертикальная динамическая сила;
- вертикальная добавка от продольной силы инерции кузова;
- боковые силы при торможении в кривой;
- боковые рамные силы при движении с заданной скоростью;
- продольные силы инерции;
- силы при торможении.

При предварительном расчете оценки сопротивления усталости несущей конструкции тележки по III режиму учитываются сочетания продольной (сила инерции), боковой и вертикальной (сила тяжести, динамическая сила, кососимметричная сила) сил, действующих на тележку при

движении вагона в составе поезда с допустимой скоростью вплоть до конструкционной.

Вертикальная кососимметричная нагрузка, учитываемая в III расчетном режиме для рам тележек, боковые балки которых жестко связаны между собой поперечными балками, обусловлена разной величиной прогибов рельсов под колесами, уклоном отвода возвышения в кривых участках пути, различной жесткостью и высотой упругих элементов буксового подвешивания, отклонениями в размерах колесных пар [5, 6].

Однако следует отметить, что ГОСТ 33211–2017 [5] распространяется на вагоны, оборудованные трехэлементными тележками по ГОСТ 9246–2004 [7]. В трехэлементной тележке боковые рамы объединены между собой посредством колесных пар и надрессорной балки. Соединение надрессорной балки и рам боковых условно можно считать шарнирным, так как оно позволяет последним вращаться относительно друг друга, что делает тележку нечувствительной к кососимметричным нагрузкам в отличие от тележек с Н-образной сварной рамой (рис. 1).

В разрабатываемой тележке кососимметричной нагрузке будет подвержена рама, представляющая собой полностью сварную пространственную конструкцию Н-образной формы, содержащая две продольные балки, соединенные поперечной балкой (балками) коробчатого сечения.

В связи с этим актуальным является проведение исследований для оценки необходимости совершенствования нормативной базы в части расчетных режимов нагружения для обеспечения прочности рам тележек сварного типа.

Для достижения поставленной цели планируется выполнить:

- анализ требований отечественных нормативных документов, зарубежных

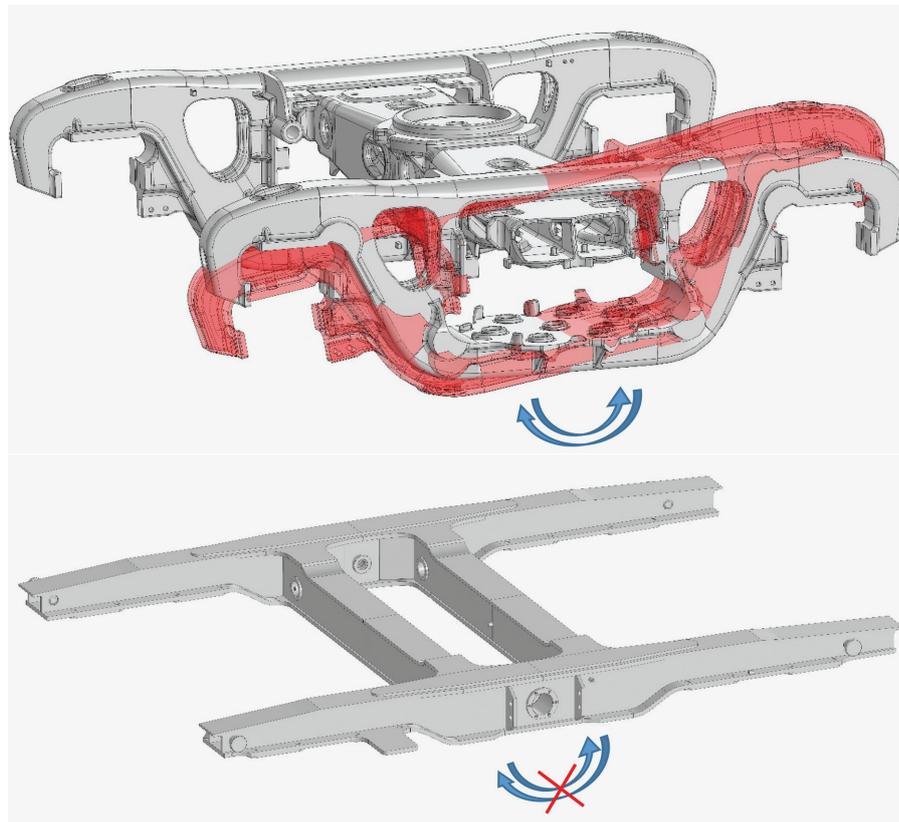


Рис. 1. Схематизированное представление восприимчивости несущих конструкций тележек к кососимметричным нагрузкам: сверху – сочленение несущих конструкций тележки типа 18–100; снизу – рама тележки Н-образной сварной конструкции.

стандартов, устанавливающих требования к прочности;

- анализ опыта эксплуатации грузовых вагонов;
- компьютерное моделирование для определения распределения сил, действующих от колес на рельсы для тележек типа 18–100 и со сварной рамой при «проваливании» одного колеса внутрь колеи (режим «Сход»);
- натурный эксперимент для определения перераспределения нагрузок от колес на рельсы в режиме «Сход»;
- расчет рамы тележки для оценки прочности по допускаемым напряжениям в режиме «Сход»;

- стендовые испытания рамы тележки для оценки ее прочности по допускаемым напряжениям.

Анализ нормативных документов

Если сравнивать требования к проектированию, установленные в [8] (в России действует модифицированный стандарт [9]) и [2], то можно заметить, что в европейском стандарте имеется режим, интересный с точки зрения оценки прочности, воспроизводящий эффект схода колеса с рельса на небольшой скорости, например на деповском пути или на пути необщего пользования. То есть полное снятие нагрузки



Рис. 2. Случаи проваливания колеса колесной пары внутрь колеи



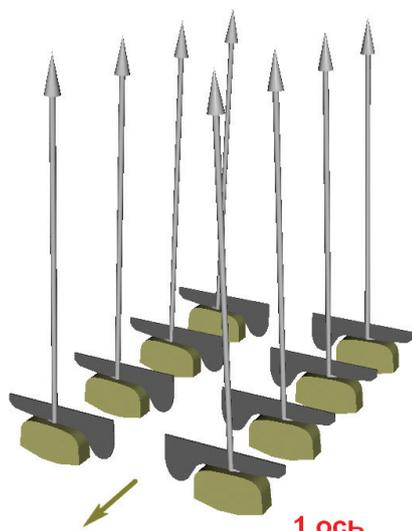


Рис. 3. Распределение нагрузок от колес вагона на рельсы на прямом участке пути

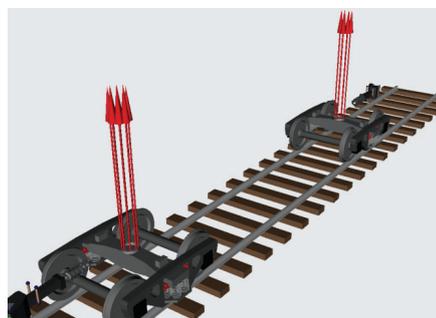


Рис. 4. Опираение кузова вагона на тележку на прямом участке пути

с одного колеса при его вертикальном перемещении на высоту рельса. При этом рама тележки подвергается деформации скручивания — кососимметричной нагрузке.

Европейский стандарт допускает для данного режима некоторую остаточную деформацию по согласованию с заказчиком, то есть текучесть материала. В нормативных документах [10–12], устанавливающих требования к прочности и динамическим качествам пассажирских вагонов, тягового и моторвагонного подвижного состава, не рассматривается оценка прочности

сварной рамы в режиме, соответствующем сочетанию сил, действующих при сходе колеса с рельса.

Анализ опыта эксплуатации грузовых вагонов

Действительно, в [13] отмечено, что государственными инспекторами Госжелдорнадзора неоднократно фиксировались случаи уширения рельсовой колеи в кривых участках подъездных путей из-за некачественного содержания, что приводило к проваливанию колесной пары внутрь колеи. Случаи проваливания одного колеса внутрь колеи, при котором возникает максимальная кососимметричная нагрузка, приведены на рис. 2 [14].

Теоретические исследования для определения распределения нагрузок между колесами в тележке при режиме «Сход»

Для исследования влияния схода колеса с рельса на распределение нагрузок по колесам в тележке и по точкам опирания кузова на тележку трехэлементную типа 18–100 и ее аналоги, массово эксплуатирующиеся в составе грузовых вагонов, а также на тележки с рамой сварной конструкции были разработаны компьютерные модели вагонов в твердотельной постановке в программном комплексе «Универсальный механизм». Моделирование схода производилось путем проезда неровности пути высотой 180 мм, имитирующей сход колеса с рельса типа Р65.

При движении вагона на распределение нагрузок от колес на рельсы влияют неровности пути, геометрические параметры конкретного экипажа и его динамика в данный момент времени, точки контакта колеса и рельса и др. При штатной эксплуатации перечисленные факторы не оказывают влияния на появление заметных кососимметричных нагрузок в тележке и распределение

нагрузок от колес на рельсы является равномерным (рис. 3).

В этом случае нагрузка от кузова на тележку передается через подпятник (рис. 4).

На рис. 5 показано моделирование схода колеса тележки 18–100 (слева) и со сварной рамой (справа). На рисунке слева видно, что при сходе колеса тележки 18–100 по сравнению с тележкой со сварной рамой боковая рама вращается относительно наддрессорной балки.

По результатам моделирования при сходе колеса с рельса картина передачи нагрузки от кузова на тележку и от тележки (колес) на рельсы резко меняется. В этом случае нагрузка от кузова на тележки передается в основном через скользуны (рис. 6). Распределение нагрузки от тележки (колес) на рельсы имеет кососимметричный характер (рис. 7). При этом у вагона с рамой тележки сварной конструкции кососимметричная нагрузка от колес на рельсы ярко выражена.

Данные результаты теоретических исследований по установлению распределения нагрузок от колес на рельсы подтверждают теоретические положения, приведенные в предыдущем разделе.

Натурный эксперимент для определения распределения нагрузок от колес на рельсы в режиме «Сход»

Для подтверждения результатов теоретических исследований по определению распределения нагрузок между колесами в тележке при режиме «Сход» проведен натурный эксперимент.

При этом использовался пассажирский вагон, имеющий в своем составе тележку с рамой сварной конструкции, которая аналогична рассматриваемой раме тележки грузового вагона, а следовательно, сопоставима и схеме передачи нагрузки в системе «кузов — тележка — рельс».

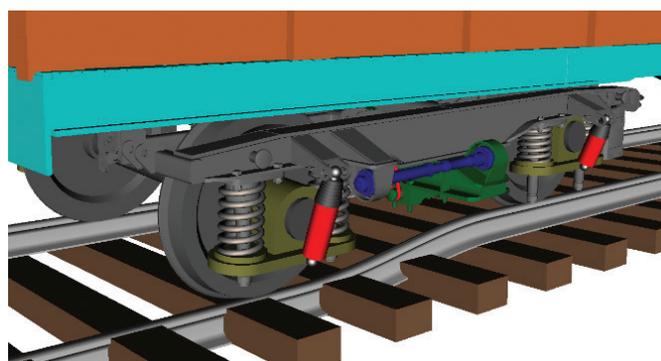
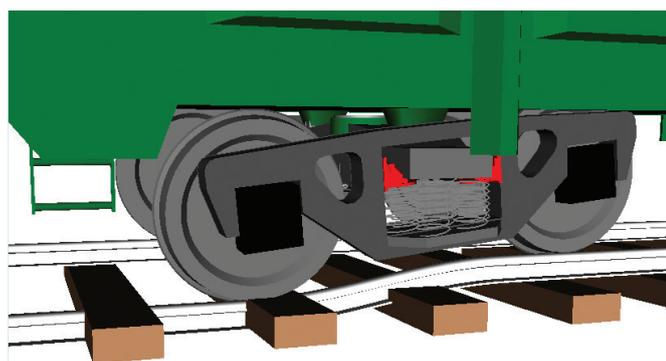


Рис. 5. Моделирование схода колеса с рельса: слева — тележки типа 18–100, справа — 18–6981.

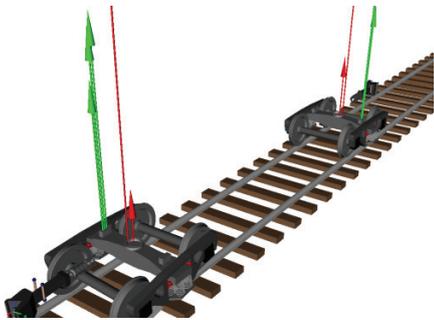


Рис. 6. Распределение нагрузок от кузова вагона на тележку при сходе колес с рельса на прямом участке пути

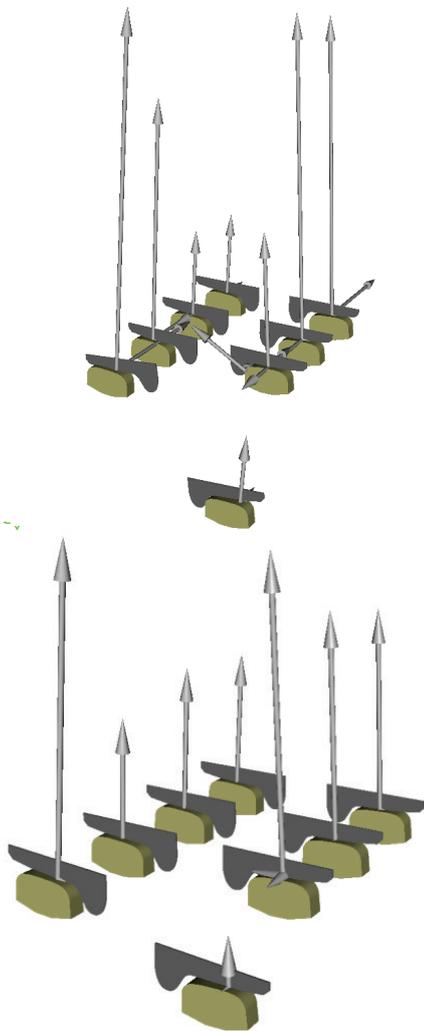


Рис. 7. Распределение нагрузок от колес вагона на рельсы на прямом участке пути при сходе колеса с рельса: сверху — с тележками типа 18–100, снизу — с тележками со сварной рамой

Для определения распределения нагрузок от колес на рельсы и передачи нагрузки от колес на тележку ее рама была оборудована тензорезисторами по схеме, позволяющей регистрировать распределение нагрузок от рамы на колеса (рис. 8).

Тензорезисторами 14, 24, 34, 44 регистрировались механические напряжения

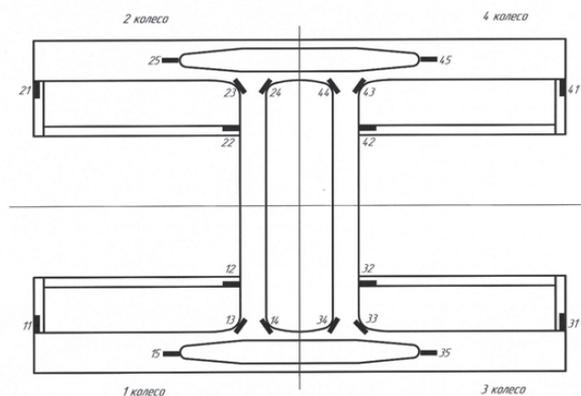


Рис. 8. Схема размещения тензорезисторов на раме тележки пассажирского вагона

при деформации от кососимметричной нагрузки, а тензорезисторами 15, 25, 35, 45 — распределение сил на консольные части боковин рамы при имитации схода колеса с рельса.

Для имитации схода колеса с рельса с целью изучения характера распределения нагрузок от колес на рельсы и подтверждения результатов теоретических исследований (компьютерного моделирования) кузов вагона с тележкой поднимали на домкратах с последующим опусканием на опоры высотой 180 мм, которые устанавливались под три колеса. Таким образом, имитировался сход первого по ходу движения колеса с рельса Р65 (рис. 9).

В ходе эксперимента получено следующее распределение нагрузок на раму тележки (рис. 10).

На этапе 1 нагрузка от веса вагона полностью передавалась на рельс от колес. На этапе 2 вагон был поднят на домкратах, нагрузка через колеса на рельс не передавалась. На этапе 3 имитировался сход с провалом первого по ходу движения колеса на высоту рельса.

Анализ осциллограмм (рис. 10) показывает, что при сходе одного колеса почти вся нагрузка на рельсы передается через три колеса. В раме возникают кососимметричные силы. В связи с тем, что кузов вагона имеет высокую крутильную жесткость, в большей степени перегружается противоположная по отношению к сошедшему колесу боковина. В этом случае нагрузка от кузова на тележку передается через скользун.

Проведенный эксперимент подтвер-



Рис. 9. Имитация схода с провалом первого по ходу движения колеса

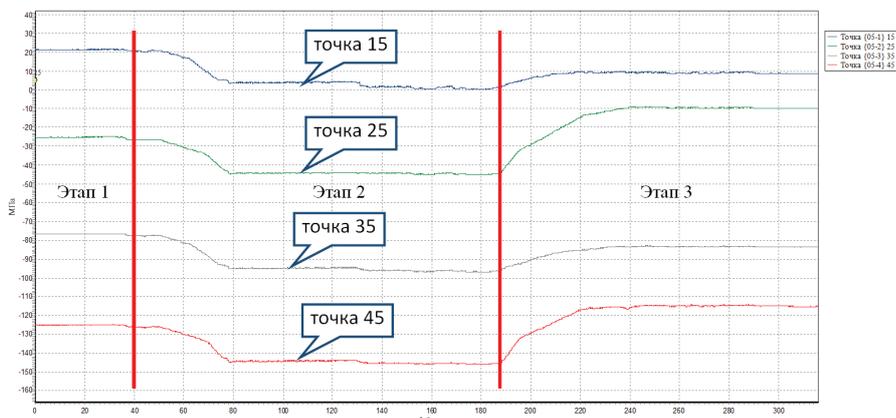


Рис. 10. Осциллограмма перераспределения нагрузок на раму тележки при сходе колеса



Рис. 11. Имитация последовательного схода всех колес с рельсов

дает результаты моделирования, приведенные в предыдущем разделе.

Кроме того, проводился эксперимент для имитации последовательного схода всех колес (рис. 11), который осуществлялся с применением ручных домкратов в последовательности 1 – 3 – 2 – 4 (нумерация колес по рис. 8).

В ходе эксперимента получены результаты, согласно которым рама тележки подвергается кососимметричным нагрузкам, что наглядно видно по осциллограмме напряжений в точках 14, 24, 34, 44, приведенной на рис. 12.

Таким образом, результаты натурного эксперимента подтверждают правильность теоретических исследований, выполненных на компьютерных моделях: рамы сварной конструкции, у которых отсутствуют шарнирные соединения между боковинами, подвержены кососимметричным нагрузкам и деформациям.

Промежуточные результаты

Сход колеса вагонов с рельса при малых скоростях является характерным

случаем в эксплуатации. При этом рама тележки подвергается воздействию максимальных кососимметричных нагрузок с полным снятием нагрузки с одного колеса при его вертикальном перемещении (опускании) на высоту рельса.

Для обеспечения безотказной работы в эксплуатации рам тележек сварной конструкции необходимо определять (оценивать) прочность в режиме «Сход» по допускаемым напряжениям.

Максимальное допускаемое напряжение в несущих металлоконструкциях в режиме «Сход» должно составлять не более $0,9 \cdot \sigma_{0,2}$ и приниматься за нормативное.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

В режиме «Сход» методика оценки прочности несущих конструкций тележки, воспринимающих кососимметричные нагрузки, теоретически обоснована.

Определение прочности несущих элементов тележки в режиме «Сход» в дополнение к имеющимся в [5] режимам позволит полнее оценить прочность таких конструкций.

Необходимо ГОСТ 33211–2014 [5] дополнить режимом, соответствующим сочетанию сил, действующих на такие конструкции при сходе колеса с рельса, или разработать новый нормативный документ, устанавливающий требования к несущим элементам сварных рам тележек грузовых вагонов.

Литература

1. Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» до 2025 года : утверждена распоряжением Правительства РФ от 19 марта 2019 г. № 466р.
2. Правила технической эксплуатации

железных дорог Российской Федерации : утверждены приказом Мин-ва транспорта РФ № 286 от 21 декабря 2010 г.

3. Гаджиметов, Г. И. Стеновые испытания на сопротивление усталости рамы тележки для грузовых вагонов скоростных поездов / В. И. Гаджиметов, Г. М. Волохов, С. В. Чунин // Транспорт РФ. – 2020. – № 3–4. – С. 68–73.
4. ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 58 с.
5. Шадур, Л. А. Вагоны: учебник для вузов железнодорожного транспорта / Л. А. Шадур, И. И. Челноков, Л. Н. Никольский [и др.]. – Москва : Транспорт, 1980. – 439 с.
6. ГОСТ 9246–2004. Тележки двухосные грузовых вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Технические условия. – Москва : ИПК «Издательство стандартов», 2005. – 11 с.
7. DIN EN13749–2011. Railway applications – Wheelsets and bogies – Method of specifying the structural requirements of bogie frames. German version EN13749:2011. – 57 с.
8. ГОСТ Р 53077–2008. Рельсовый транспорт. Правила проектирования и испытаний конструкции рамы тележки. – Москва : Стандартинформ, 2009. – 28 с.
9. ГОСТ 34093–2017. Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Требования к прочности и динамическим качествам. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 46 с.
10. ГОСТ Р 55513–2013. Локомотивы. Требования к прочности и динамическим качествам. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 46 с.
11. ГОСТ 33796–2016. Моторвагонный подвижной состав. Требования к прочности и динамическим качествам. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 41 с.
12. Дудкин, Е. П. Проблемы устройства и содержания железнодорожных путей необщего пользования / Е. П. Дудкин, В. М. Рыбачок // Транспорт РФ. – 2008. – № 2. – С. 16–17.
13. Ночью на станции Дербышки с путей сошли два грузовых вагона/ – URL: <https://realnoevremya.ru/news/63310-nochyu-na-stancii-derbyshki-s-putey-soshli-dva-gruzovyh-vagona> (дата обращения: 09.12.2021).

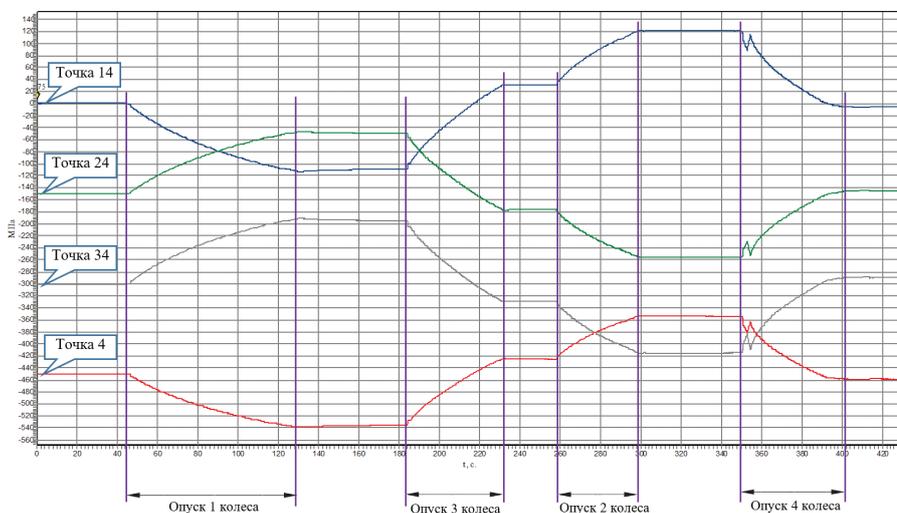


Рис. 12. Характер изменения механических напряжений в средней части рамы при имитации схода колес

Новая арматура для нефтебензиновых вагонов-цистерн



С. А. Федоров,
канд. техн. наук, заместитель исполнительного директора, директор дирекции проектирования грузовых вагонов ООО «Всесоюзный научно-исследовательский центр транспортных технологий» (ВНИЦТТ)



М. В. Агинских,
начальник отдела «Цистерны» ВНИЦТТ



А. В. Калугин,
руководитель конструкторской группы ВНИЦТТ

Вопросы совершенствования сливной арматуры имеют важное значение для безопасности перевозок опасных грузов. В статье описаны новые технические решения сливного прибора вагона-цистерны, позволяющего в зимнее время сливать нефтепродукты с использованием гидромонитора и нового предохранительного клапана, обеспечивающего лучший контроль за давлением в котле.

Вагоны-цистерны в зависимости от физико-химических свойств грузов, для перевозок которых они предназначены, оборудуются различной арматурой для выполнения сливо-наливных операций и защиты котла от разрушения в случае возникновения нештатных или аварийных ситуаций. Основные требования к вагонам-цистернам и их оснащённости определены соответствующими нормативными документами [1, 6, 7, 9, 10]. Так, согласно действующим нормам вагоны-цистерны для нефтепродуктов должны оборудоваться нижним сливным устройством и предохранительно-выпускным клапаном.

До недавнего времени цистерны для нефтепродуктов комплектовались универсальным сливным прибором (рис. 1), включающим два независимых запорных устройства: внутренний клапан и откидную крышку [8]. Единые присоединительные размеры патрубка сливного устройства обеспечивают возможность подключения к существующим сливо-наливным эстакадам [3].

Вороток 1, шарнирно соединённый с винтовой штангой 2 управления сливным прибором, расположен в горловине люка-лаза. На нижнем конце штанги закреплён клапан 3 с уплотнительным кольцом 9, который при вращении воротка поднимается или опускается на седло 10, обеспечивая таким образом открытие и закрытие сливного прибора. Труба сливного прибора 5 снаружи закрывается откидной крышкой 6, прижимаемой к торцу трубы нажимным винтом 7. Кольцевой наконечник 8 сливной трубы обеспечивает возможность герметичного присоединения сливного рукава. Корпус сливного прибора обо-

рудован кожухом 4, который может при сливе продукта заполняться паром для обогрева в зимнее время.

Уплотнительные прокладки и кольца сливного прибора изготавливаются из маслостойкой резины, имеющей нижний предел температуры эксплуатации минус 50 °С.

За последнее десятилетие нормативные документы, определяющие требования к устройствам нижнего слива вагонов-цистерн для нефтепродуктов, изменились в более жесткую сторону. Соответствующие этим изменениям решения были приняты Советом по железнодорожному транспорту государств — участников содружества. Так, теперь устройство нижнего слива должно включать уже не два, а три последовательно установленных и взаимно независимых запорных устройства [9, 10, 11].

Также изменилось требование по минимальной эксплуатационной температуре: вагоны и их комплектующие должны изготавливаться в климатическом исполнении УХЛ с нижним пределом температуры эксплуатации минус 60 °С.

В рамках создания собственной арматуры для установки на вагоны-цистерны для нефтепродуктов объектами разработки стали устройство нижнего слива и клапан предохранительно-выпускной.

Первой разработкой по данной тематике являлся проект сливного устройства, в котором в универсальный сливной прибор был интегрирован дополнительный запорный орган — затвор дисковый Ду-200 (рис. 2). Габаритные и присоединительные размеры сливного устройства остались неизменными по отношению к исходному варианту. Для выполнения требования по минимальной

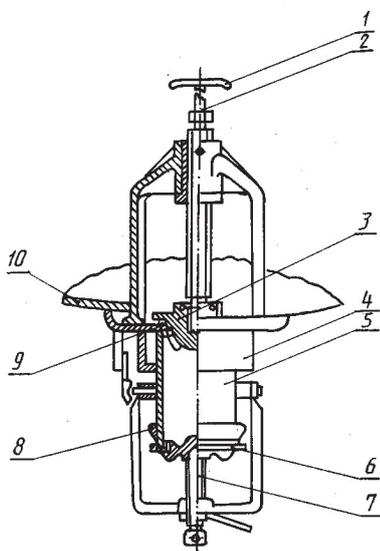


Рис. 1. Универсальный сливной прибор



Рис. 2. Устройство нижнего слива с дисковым затвором Ду-200

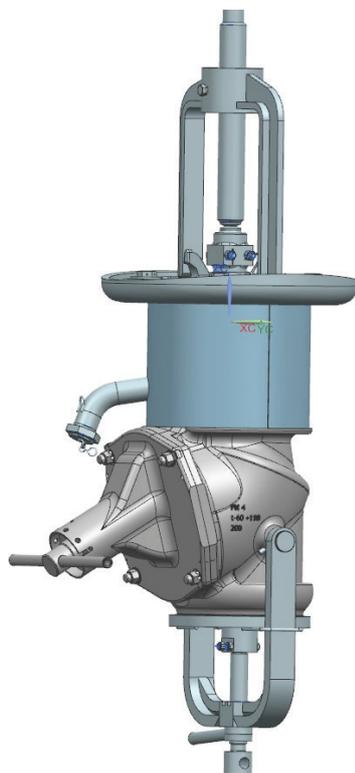


Рис. 3. Устройство нижнего слива с затвором СТХ3.492426.004

установок нижнего слива с гидромонитором, например, УСН Г-175. Поворотный диск в открытом положении промежуточного затвора закрывает центральную часть проходного сечения сливного устройства и не позволяет ввести внутрь цистерны гидромонитор [14,15]. Этот недостаток становится препятствием для части перевозки нефтепродуктов, требующих разогрева в зимнее время.

Для снятия ограничения по соединению к цистернам установок нижнего слива УСН Г-175 была выполнена новая разработка — проект устройства нижнего слива с затвором СТХ3.492426.004, единственным на сегодняшний день принятым и сертифицированным промежуточным запорным органом со свободной проточной частью. Общий вид устройства приведен на рис. 3.

По устройству нижнего слива с затвором СТХ3.492426.004 ООО «ВНИЦТТ» совместно с АО «ТихвинХимМаш» был проделан комплекс опытно-конструкторских работ и получено право серийного выпуска вагонов-цистерн с этим сливным устройством.

На рис. 4 представлена схема расположения гидромонитора УСН Г-175 (габаритный размер по форсункам 108 мм) в устройстве нижнего слива с затвором СТХ3.492426.004. При такой компоновке минимальное свободное пространство от гидромонитора до проточной части затвора СТХ3.492426.004 составляет 16 мм.

Некоторая часть существующих эстакад, оборудованных установками нижнего слива зарубежного производства, например EMCO Wheaton, имеет гидромонитор большей величины — с габаритным размером по форсункам 158 мм. На схеме расположения гидромонитора EMCO Wheaton в устройстве нижнего слива с затвором СТХ3.492426.004 (рис. 5) видно, что для подключения цистерн с таким затвором на эстакадах потребуется проведение дополнительной операции по позиционированию форсунок гидромонитора.

Сливное устройство с затвором СТХ3.492426.004 позволяет осуществлять монтаж (демонтаж) установок нижнего слива двумя способами, обусловленными габаритными размерами гидромониторов по форсункам:

- с произвольным углом поворота форсунок гидромонитора вокруг вертикальной оси при размере по форсункам до 130 мм (соответствует

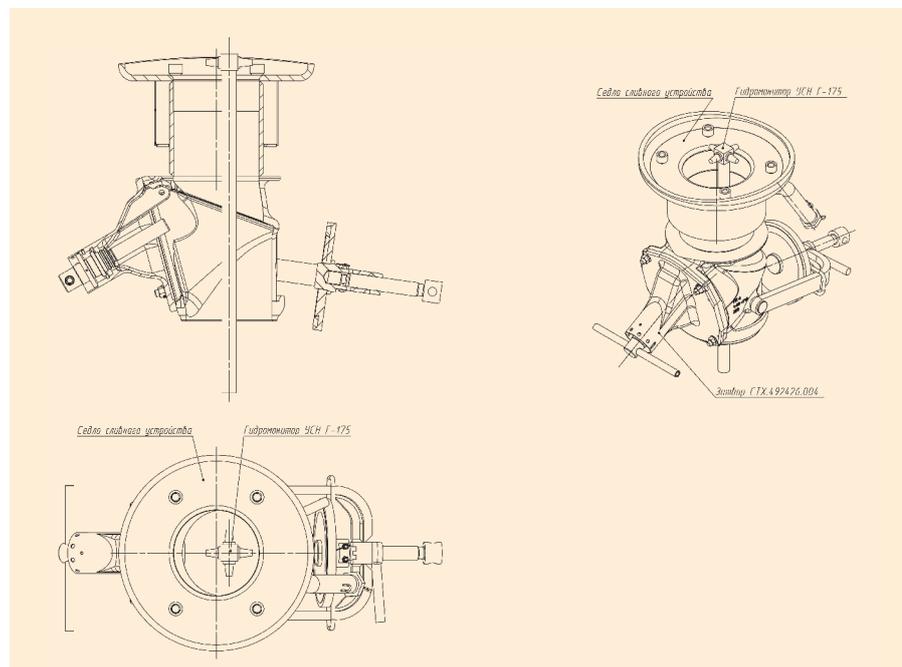


Рис. 4. Схема расположения в устройстве нижнего слива с затвором СТХ3.492426.004 гидромонитора УСН Г-175

эксплуатационной температуре минус 60 °С для изготовления уплотнительных колец была применена резина специальной марки.

В таком исполнении требования о наличии в цистерне устройства нижнего слива с тремя запорными устройствами были выполнены.

Достоинствами данной конструкции, имеющей множество аналогов в эксплуатации, являются небольшие габаритные размеры, сравнительно низкая стоимость затвора, простота технических решений.

Однако указанное устройство ограничивает возможность применения

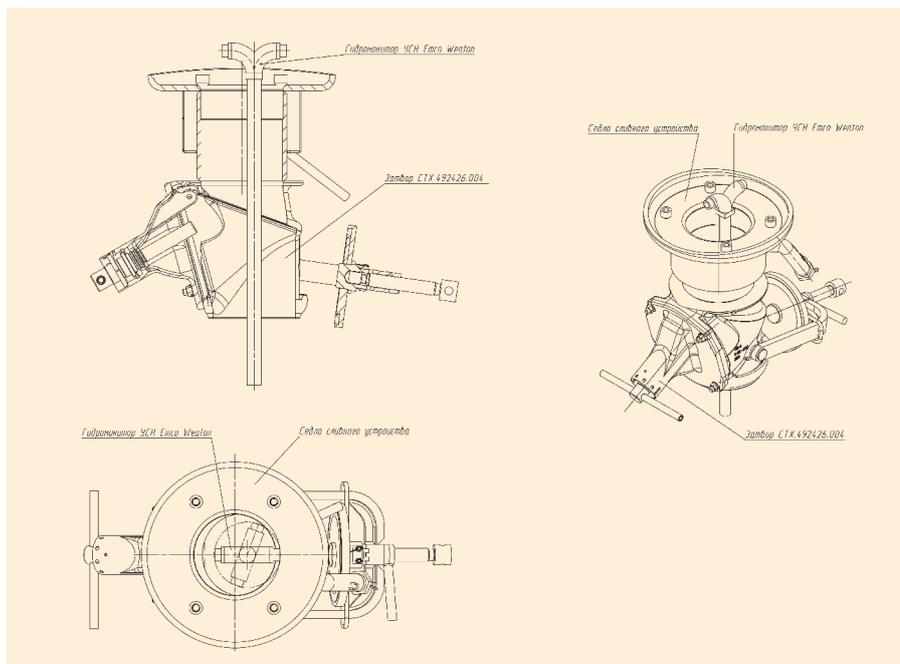


Рис. 5. Схема расположения в устройстве нижнего слива с затвором СТХ3.492426.004 гидромонитора EMCO Wheaton

минимальному зазору между гидромонитором и сливным устройством 5 мм);

- с фиксированным углом поворота форсунок гидромонитора вокруг вертикальной оси гидромонитора при размере по форсункам более 130 мм и их количестве не более двух.

В развитие второго исполнения конструкции устройства нижнего слива в качестве промежуточного затвора была использована задвижка шиберная НЗК Н1-200-10-Р-УХЛ1 (Ду-200), не ограничивающая размеры проходного сечения. Общий вид устройства приведен на рис. 6.

При открытии шиберной задвижки проходное сечение сливного устройства освобождается на 100 %, что позволяет разгружать цистерны на любых существующих эстакадах с установками нижнего слива типа УСН вне зависимости от наличия или отсутствия гидромонитора.

Наличие в приводе шиберной задвижки конического редуктора позволило разместить штурвал внизу по оси цистерны и обеспечить к нему доступ с обеих сторон вагона.

Сегодня ведутся подготовительные работы к изготовлению первого образца вагона-цистерны с таким сливным устройством для проведения испытаний и последующего внедрения при изготовлении серийно выпускаемых АО «ТихвинХимМаш» вагонов-цистерн и проведения опытной эксплуатации новой конструкции.

Второй решенной ВНИЦТТ задачей стало создание собственного предохранительно-впускного клапана для установки на котлы вагонов-цистерн для нефтепродуктов.

До недавнего времени на большинстве находящихся в эксплуатации вагонов-цистерн для нефтепродуктов устанавливались предохранительно-впускные клапаны, представленные на рис. 7 [8].

В предохранительно-впускном клапане фактически совмещены два устройства разного назначения. Первое — предохранительный клапан, предназначенный для защиты оборудования при неконтролируемом повышении давления в котле. Второе — впускной, предназначенный для защиты котла в пути следования и на стоянке от возникновения недопустимого вакуума после разогрева груза паром, пропарки котла или при сливе продукта при закрытых крышках люков.

Предохранительно-впускной клапан имеет отдельную регулировку усилия затяжки пружины 1 клапана максимального давления 2 и пружины 3 вакуумного клапана 4. Регулировка клапанов производится на избыточное давление 0,15 МПа и на разрежение 0,01–0,02 МПа. Для предотвращения нарушения регулировки на предохранительно-впускной клапан устанавливаются две пломбы.

Основные элементы таких клапанов выполнялись из углеродистой и низколегированной стали. Использование доступных широко распространенных материа-



Рис. 6. Устройство нижнего слива с задвижкой шиберной НЗК Н1-200-10-Р-УХЛ1

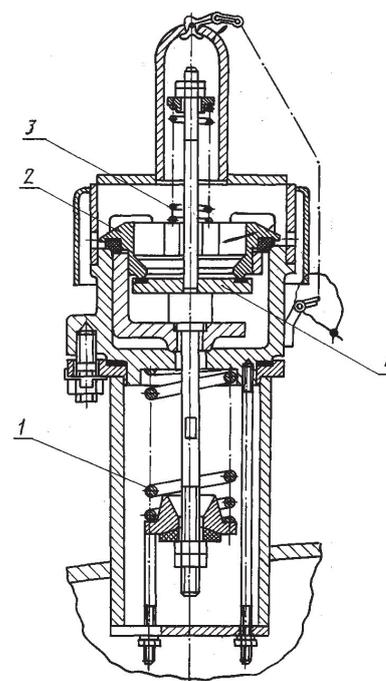


Рис. 7. Клапан предохранительно-впускной

лов позволяло делать изделия недорогими и получать их в нужном количестве, но из-за возникновения коррозии от воздействия окружающей среды долговечность таких клапанов была небольшой. При капитальном ремонте вагонов-цистерн зачастую требовалась замена клапанов на новые, так как восстановление было практически невозможно. Также известны случаи, когда из-за заклинивания впускного клапана котел цистерны терял устойчивость и восстановлению не подлежал.

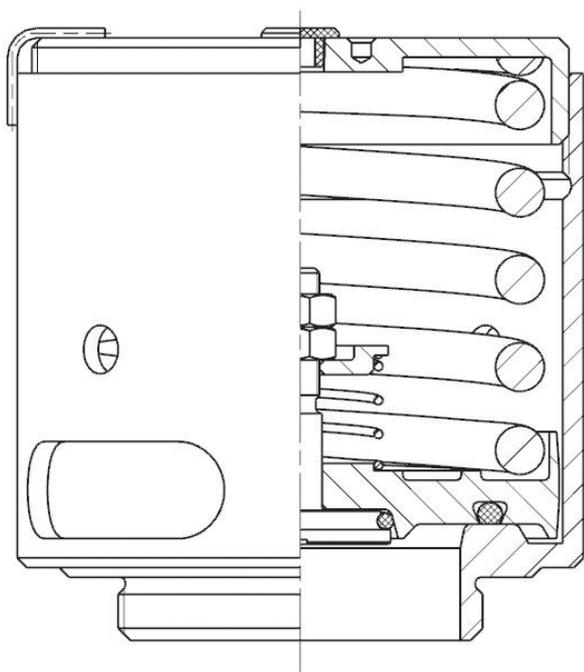


Рис. 8. Предохранительно-впускной клапан

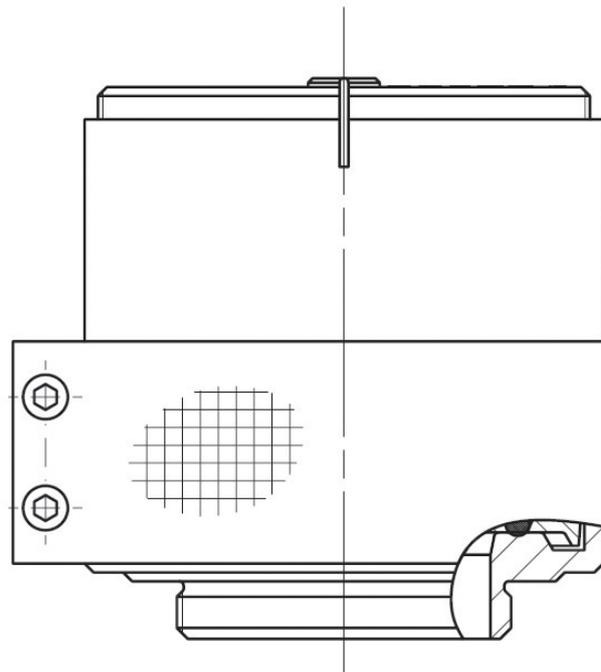


Рис. 9. Предохранительно-впускной клапан с пламяпрерывающей сеткой

Таким образом, применяемые предохранительно-впускные клапаны морально устарели и уже не соответствуют требованиям сегодняшнего времени. Постоянно растет номенклатура перевозимых в вагонах-цистернах грузов, увеличиваются межремонтные сроки и сервисные интервалы.

В ходе работ был проведен анализ нормативных документов [1, 2, 4, 5, 6, 7, 9], устанавливающих требования к предохранительным устройствам котлов вагонов-цистерн, изучен опыт применения предохранительных устройств на железнодорожных цистернах в США и Европе, на контейнерах-цистернах для интермодальных перевозок жидких грузов.

Клапаны относятся к классу ремонтируемых восстанавливаемых изделий с регламентированной дисциплиной восстановления, для них в обязательном порядке устанавливаются назначенные срок и ресурс. Для основных элементов и (или) их покрытий используются материалы, стойкие по отношению к рабочей среде и внешним климатическим факторам [5]. Также для применения клапанов на железнодорожном транспорте подтверждается их стойкость к воздействию вибрации для группы механического исполнения M25 [4].

Основными зарубежными производителями предохранительной арматуры для железнодорожных цистерн и контейнеров-цистерн являются компании Midland, Gestra, Perolo, Fort Vale. В кла-

панах производства Perolo и Fort Vale все металлические элементы изготовлены из коррозионностойкой стали. У клапанов компаний Midland и Gestra из коррозионностойкой стали изготавливаются только подвижные элементы.

Предохранительно-впускной клапан разработки ВНИЦТТ показан на рис. 8. Материал основных элементов — коррозионно-стойкая сталь 12Х18Н10Т. Уплотнительные кольца предохранительного и впускного клапанов круглого сечения отличаются только размерами и имеют одинаковую принципиальную конструкцию — силиконовый сердечник в оболочке из фторопластовой пленки.

Такие уплотнения являются стойкими к большинству химических веществ и обладают широким температурным диапазоном применения (от $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+250\text{ }^{\circ}\text{C}$). При более высокой первоначальной стоимости конструкция клапана из коррозионно-стойкой стали позволяет снизить последующие эксплуатационные затраты.

На предварительном этапе рассматривались конструкции с внешним и с внутренним расположением пружины предохранительного клапана. Выбор был сделан в пользу компоновки с внешним расположением, поскольку при такой конструкции исключается воздействие на пружину перевозимого груза.

Решение по внешнему расположению пружины и химически стойким

прокладкам делает потенциально возможным применение клапана при перевозке большинства химических грузов за исключением агрессивных по отношению к материалу основных элементов — стали 12Х18Н10Т. Из одного набора деталей возможно создавать модификации клапана с различным давлением срабатывания путем замены одной пружины и (или) установки второй, дополнительной, меньшего диаметра.

Также для клапана имеется возможность установки с наружной стороны пламяпрерывающей сетки, необходимой в случае перевозки легковоспламеняющихся веществ при наличии в составе предохранительного устройства впускного клапана. Общий вид клапана с установленной пламяпрерывающей сеткой приведен на рис. 9.

Сегодня созданы две модификации предохранительно-впускного клапана:

- с давлением настройки предохранительного клапана $0,15\text{ МПа}$ — для применения в цистернах при перевозке нефтепродуктов средней и низкой степени опасности;
- с давлением $0,30\text{ МПа}$ — для максимально широкого спектра нефтепродуктов, в том числе относящихся к веществам с высокой степенью опасности.

В обеих модификациях давление срабатывания впускного клапана составляет $0,015\text{ МПа}$.

Оба клапана прошли полный комплекс приемочных и сертификационных испытаний. Завершаются работы по подтверждению возможности применения этих устройств в котлах вагонов-цистерн для нефтепродуктов производства АО «ТихвинХимМаш».

В ближайших планах создание модификации клапана без впускной части, а также проведение работ по включению клапанов в состав котлов вагонов-цистерн для химических грузов, в том числе коррозионных веществ класса 8.

На технические решения, использованные в конструкциях сливных устройств, получены патенты на полезную модель [12, 13].

Литература

1. ГОСТ Р 51659–2000. Вагоны-цистерны магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия.
2. ГОСТ 12.2.085–2017. Арматура трубопроводная. Клапаны предохранительные. Выбор и расчет пропускной способности.
3. ГОСТ 18194–79. Установки для нижнего слива (налива) нефти и нефтепродуктов железнодорожных вагонов-цистерн. Технические условия.

4. ГОСТ 30631–99. Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам при эксплуатации.
5. ГОСТ 31294–2005. Клапаны предохранительные прямого действия.
6. ТР ТС 001/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава».
7. ТР ТС 032/2013. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением».
8. Специализированные цистерны для перевозки опасных грузов : справочное пособие. – Москва : Издательство стандартов, 1993.
9. СМГС «Правила перевозок опасных грузов». Приложение 2.
10. Правила перевозок опасных грузов по железным дорогам (в редакции с изменениями и дополнениями и дополнениями от 23.11.07 г., 30.05.08 г., 22.05.09 г.) : утверждены Советом по железнодорожному транспорту протоколом от 5 апреля 96 г. № 15.
11. Правила перевозок жидких грузов наливом в вагонах-цистернах и ваго-

нах бункерного типа для перевозки нефтебитума : утверждены Советом по железнодорожному транспорту государств – участников содружества протоколом от 21–22 мая 2009 г. № 50.

12. Патент RU 158654. Сливное устройство железнодорожной цистерны. Авторы: Кякк К. В., Денежкин Д. Б. и др.
13. Патент RU 170721. Запорно-сливное устройство железнодорожного вагона-цистерны. Авторы: Савушкин Р. А., Кякк К. В. и др.
14. Песляк, А. В. Повышение универсальности вагонов-цистерн для перевозки нефтехимических грузов / А. В. Песляк, Н. А. Битюцкий, М. Н. Сувернев [и др.] // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2020. – Вып. 4. – С. 477–489.
15. Федоров, С. А. Совершенствование сливных устройств вагонов-цистерн для перевозки нефтепродуктов / С. А. Федоров, А. Ф. Дроздов // Развитие методов проектирования и внедрение новых видов ремонта грузовых специализированных вагонов : сборник научных трудов / под ред. А. А. Битюцкого. – Санкт-Петербург : Инженерный центр вагоностроения, 2008. – Вып. 4. – С. 55–63.

ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПОРТАЛ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

Портал **ROSTRANSPORT.COM** – это информационная площадка для встречи специалистов транспорта.

Пишите, и Ваше мнение узнает вся транспортная Россия.

Павел А. Кравченко, д-р. техн. наук, профессор, научный руководитель Института безопасности дорожного движения Санкт-Петербургского Государственного Архитектурно-строительного Университета (ИБДД СПбГАСУ)

Султан В. Жанказиев, д-р. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Организация и безопасность движения» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета

Елена М. Олещенко, канд. техн. наук, доцент, директор Центра повышения квалификации Автомобильно-дорожного факультета СПбГАСУ

Попфакторное управление уровнем обеспечиваемой безопасностью на дорогах России // *Транспорт РФ*. — 2021. — № 5–6 (96–97). — С. 3–9.

Статья посвящена апробации применения когнитивного подхода к решению задачи увеличения объема знаний о факторах, влияющих на уровень обеспечиваемой безопасности дорожного движения (БДД). Результат решения поставленной задачи рассматривается как начало формирования полного спектра причин и возможных механизмов парирования каждой из их видов.

В статье используется ненормативное толкование термина «безопасность дорожного движения» — как дорожного движения «без опасности» для жизни и здоровья людей в дорожно-транспортных происшествиях, что равнозначно обеспечению в них «нулевой смертности». Оно устраняет фактор «неопределенности знаний», искажающий толкование ключевых суждений и терминов, вносящих элемент дезорганизации практики обеспечения безопасности на дорогах России, обеспечивает полноту оценки состояния и параметров системы в зависимости от внутренних и внешних воздействий.

Приведены формы представления моделей технических систем управления — на примере автомобильных неавтоматизированных и автоматизированных систем рулевого управления движением автомобиля (особо значимых для их беспилотных типов), а также систем организационного управления деятельностью ответственных должностных лиц, принимающих решения (ЛПР), подчиненных им исполнителей. Факторами влияния на БДД в указанных системах являются уровни показателей их основных функциональных свойств, количественно оцениваемых с помощью механизмов их формирования, получаемых структурными преобразованиями моделей указанных систем.

В статье исследован неиспользуемый в практике обеспечения БДД источник новых факторов в сегменте деятельности по принятию управленческих решений всех видов, реализуемых в системе ОБДД. Инструментом исследования использован аспектный метод оценки их качества в зависимости от взглядов, точек зрения, ракурсов и квалификации ЛПР, а также от показателей функциональных свойств и других особенностей сторон и граней исследуемых объектов.

Ключевые слова: концепция, предупреждение, безопасность дорожного движения, причина, нулевая смертность, работоспособность, система, системный подход, цифровизация, дорожно-транспортное происшествие
Контактные данные: obdd2008@mail.ru

Владимир Н. Ложкин, д-р. техн. наук, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»

Метод парирования рисков сверхнормативного загрязнения атмосферного воздуха транспортом // *Транспорт РФ*. — 2021. — № 5–6 (96–97). — С. 9–13.

Приводятся результаты расчетного исследования ожидаемого загрязнения воздуха NO_x , PM_{10} и $\text{PM}_{2.5}$ автомобильным транспортом и предприятными теплоэнергетического комплекса в часы пик автомобильного движения при нормально неблагоприятных метеорологических условиях (на примере Санкт-Петербурга). Показано, что загрязнение воздуха NO_x и PM_{10} имеет территориальные аномалии. Локальные превышения концентрации $\text{PM}_{2.5}$ на улично-дорожной сети могут достигать значений 2–4 ПДКМР.

Ключевые слова: город, воздушная среда, транспортные средства, тепловые станции, плотнотанты, чрезвычайная ситуация
Контактные данные: vmljkin@yandex.ru

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

Станислав В. Цибро, первый заместитель генерального директора — руководитель департамента социально-экономических исследований ООО «НИПИ ТРТИ»

Алина А. Баскакова, канд. экон. наук, руководитель проектного направления экономики транспорта ООО «НИПИ ТРТИ»

Методика экономических изысканий на автомобильных дорогах общего пользования // *Транс-*

порт РФ. — 2021. — № 5–6 (96–97). — С. 14–19.

Рассмотрены вопросы разработки актуальной системы требований, предъявляемых к экономическим изысканиям, с учетом положений, закрепленных нормативно-техническими документами, используемыми при осуществлении дорожной деятельности, а также с учетом фактически применяемых подходов к изысканиям в деятельности проектных организаций. В целях совершенствования процессов выполнения экономических изысканий при проектировании строительства, реконструкции и капитального ремонта автомобильных дорог общего пользования и искусственных сооружений на них проанализирована существующая нормативная база, даны рекомендации по основным этапам проведения экономических изысканий, приведены требования к объему и структуре собираемых данных.

Ключевые слова: проектирование автомобильных дорог, экономические изыскания

Контактные данные: vmyachin@ipr.ru, stas@ipr.ru, abaskakova@ipr.ru

Алексей Д. Разуваев, канд. экон. наук, доцент кафедры «Экономика транспортной инфраструктуры и управление строительным бизнесом» ФГАУ ВО «Российский университет транспорта» (РУТ (МИИТ))

Анастасия Ю. Ледней, канд. экон. наук, старший преподаватель кафедры «Экономика транспортной инфраструктуры и управление строительным бизнесом» РУТ (МИИТ)

Руслан А. Титов, аспирант кафедры «Экономика транспортной инфраструктуры и управление строительным бизнесом» РУТ (МИИТ)

Екатерина И. Белозерова, ассистент кафедры «Экономика транспортной инфраструктуры и управление строительным бизнесом» РУТ (МИИТ)

Экономический аспект использования и развития транспортной инфраструктуры в городских агломерациях // *Транспорт РФ*. — 2021. — № 5–6 (96–97). — С. 20–27.

В статье выполнена экономическая оценка развития и территориального планирования транспортной инфраструктуры в городских агломерациях. Отмечены основные тенденции развития городского общественного и личного транспорта на примере Московской агломерации. Определена роль рельсового транспорта в структуре городского планирования на основании агломерационных моделей землепользования. Проанализирован процесс моделирования транспортной инфраструктуры с учетом этапов планирования, сбора и распределения поездов, субъективных предпочтений пассажиров, а также с использованием гравитационной модели определения числа поездов. Предложены показатели интермодальной транспортной подвижности населения для различных видов транспорта, определяемые как от количества поездов, так и от пассажирооборота. Отмечена целесообразность применения метода АЗВ (анализ затрат и выгод) в рамках оценки экономической эффективности инфраструктурных транспортных проектов ввиду их высокой социальной значимости и необходимости учета широкого спектра формируемых эффектов. Сделан вывод о наибольшей перспективности общественного рельсового транспорта как для агломерации с тенденциями к сверхурбанизации, так и для деурбанизированных территорий. Проведенное исследование позволило дополнить существующий методический инструментарий оценки экономической эффективности реализации инфраструктурных транспортных проектов усовершенствованными подходами в части обоснования инвестиционно-строительной и транспортной деятельности.

Ключевые слова: экономика агломераций, транспорт, транспортное строительство, транспортная инфраструктура, гравитационная модель, интермодальная транспортная подвижность населения, экономическая эффективность

Контактные данные: razuvaevalex@yandex.ru, trinitinoks@mail.ru, r4777777@yandex.ru, ekaterina@belozerova-rut.ru

Илья М. Гулый, канд. экон. наук, доцент, Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Анализ гибридных моделей цифровизации в сфере железнодорожных перевозок // *Транспорт РФ*. — 2021. — № 5–6 (96–97). — С. 28–31.

Гибридные бизнес-модели цифровизации актуальны на этапе перехода к цифровому бизнесу, когда наряду с традиционными технологиями, организацией операционных процессов, прежними способами предоставления потребителям ценностного предложения возникают новые цифровые платформы, CRM-системы взаимоотношений с клиентами, программные средства для управления автономным и подключенным транспортом на основе технического зрения и машинного обучения и др. В статье предлагается определение гибридной мо-

дели цифровизации, дается обоснование экономических преимуществ, а также рисков и угроз дополнительных потерь при внедрении моделей гибридной цифровизации. Предлагаются совмещенная матрица-схема эффектов проектов цифровой трансформации холдинга «РЖД» и степени проектной гибридной. На основе метода анализа иерархий по отдельной выборке проектов показана технология их ранжирования по многокритериальному принципу с учетом степени гибридной. Используются методы дескриптивной диагностики, контент-анализа, анализа иерархий и ряда других. Результаты будут полезны для осмысления менеджментом компаний сущности переходных — гибридных моделей в рамках реализации проектов и программ корпоративной цифровизации.

Ключевые слова: гибридные модели, гибридная цифровизация, цифровые технологии, метод анализа иерархий
Контактные данные: ilya.guliy@mail.ru

Елена Ю. Тимофеева, канд. экон. наук, доцент кафедры таможенного дела ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»

Информационное развитие таможенной инфраструктуры Евразийского экономического союза // *Транспорт РФ*. — 2021. — № 5–6 (96–97). — С. 32–37.

Статья посвящена внедрению информационных и телекоммуникационных систем в процессы таможенного контроля операций и проведению таможенного контроля. Особое внимание уделено совершенствованию функционирования объектов таможенной инфраструктуры в пунктах пропуска на внешней границе Евразийского экономического союза на основе применения элементов искусственного интеллекта в информационных системах таможенных органов. Создание интеллектуальных пунктов пропуска и организация взаимодействия государственных контрольных органов в рамках единой цифровой платформы является существенным увеличением их пропускной способности, следствием которого должно стать и повышение эффективности работы таможенных организаций, осуществляющих международные перевозки. В статье рассматриваются основные факторы, связанные с процессом проведения таможенных операций, влияющих на скорость перемещения транспортных средств через таможенную границу, и вопросы моделирования пропускной способности пунктов пропуска.

Ключевые слова: таможенная инфраструктура, интеллектуальный пункт пропуска, информационная система таможенных органов, Евразийский экономический союз, таможенная граница, грузооборот, моделирование
Контактные данные: eytimofeeva@yandex.ru

Игорь А. Евстигнеев, начальник управления внедрения цифровых технологий ФАУ «Российский дорожный научно-исследовательский институт»

Виктор В. Шмытинский, канд. техн. наук, профессор кафедры «Электрическая связь» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

Инфокоммуникационные сервисы на автомобильных дорогах // *Транспорт РФ*. — 2021. — № 5–6 (96–97). — С. 38–42.

В статье приведены данные комплексного анализа возможностей создания и последующей эксплуатации на автомобильных дорогах цифровой инфраструктуры, обеспечивающей широкий перечень сервисов для различных категорий пользователей на платной и бесплатной основе.

Ключевые слова: инфокоммуникационные сервисы, цифровая сервисная платформа, автомобильные дороги, управление транспортом, скоростные транспортные магистрали, электронные платежи
Контактные данные: ievstigneev@mail.ru, victor.v.s@mail.ru

Алексей М. Горбачев, канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте», заведующий научно-исследовательской лабораторией «Функциональная диагностика» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

Петр А. Василенко, генеральный директор ООО «Имса»
Автоматизация планирования движения городского скоростного легкорельсового транспорта // *Транспорт РФ*. — 2021. — № 5–6 (96–97). — С. 43–46.

В статье рассмотрены проблемы и подходы к автоматизации планирования движения городского скоростного легкорельсового транспорта (с учетом особенностей функционирования скоростного трамвая). Рассмотрена структура автоматизированной системы «Расписание Транспорта», предназначенной для автоматизации планирования движения, в том числе для задач построения расписаний, составления нарядов выпуска, формирования путейых листов, группового оповещения водителя

о событиях на линии, а также для ведения базы инцидентов и табельного учета. Внедрение программного обеспечения при планировании движения скоростного трамвая в Санкт-Петербурге для организации работы нового скоростного трамвая позволило повысить уровень автоматизации и сократить затраты, а также повысить культуру труда диспетчеров за счет сокращения числа однообразных операций.

Ключевые слова: городской транспорт, легкорельсовый транспорт, организация движения, маршрутное расписание, наряд выпуска, путевой лист, табельный учет

Контактные данные: ag@agpage.ru, vasilenko.p.a@gmail.com

Игорь А. Аганов, генеральный директор ООО НТПЦ «Комплексные системы мониторинга»

Герман В. Осадчий, зам. генерального директора — главный инженер ООО НТПЦ «Комплексные системы мониторинга», старший преподаватель кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

Дмитрий В. Ефанов, д-р техн. наук, зам. генерального директора по научно-исследовательской работе ООО НТПЦ «Комплексные системы мониторинга», профессор Высшей школы транспорта Института машиностроения, материалов и транспорта ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», профессор кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта»

Олег В. Мирошниченко, руководитель проектов монтажа и обслуживания ООО НТПЦ «Комплексные системы мониторинга»

Виктор Ю. Кубрак, начальник отдела ООО НТПЦ «Комплексные системы мониторинга»

Система мониторинга инженерных конструкций на Пуровском мосту // Транспорт РФ. — 2021. — № 5–6 (96–97). — С. 47–51.

Описан состав систем мониторинга инженерных конструкций на первом мосту через реку Пур в Ямало-Ненецком автономном округе (Пуровском мосту), соединяющем районы нефтяных и газовых месторождений с транспортными коридорами региона. Система мониторинга позволяет фиксировать не только ненормативные воздействия на мостовые конструкции со стороны транспортных средств, но и климатические воздействия. Использование системы мониторинга позволяет контролировать техническое состояние Пуровского моста, а также оперативно реагировать на фиксируемые события достижения граничных значений контролируемых параметров.

Ключевые слова: транспортный мостовой переход, автодорожный транспорт, система мониторинга инженерных конструкций, сбор и анализ диагностической информации, эксплуатация системы мониторинга

Контактные данные: aganov@ntc-ksm.ru, osadchiy@ntc-ksm.ru, efanov@ntc-ksm.ru, miroshnicenko@ntc-ksm.ru, kubrak@ntc-ksm.ru

Дмитрий В. Ефанов, д-р техн. наук, доцент, профессор Высшей школы транспорта Института машиностроения, материалов и транспорта ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (ФГАОУ ВО «СПбПУ Петра Великого»)

Дмитрий Г. Плотников, канд. техн. наук, доцент Высшей школы транспорта (ВШТ) ФГАОУ ВО «СПбПУ Петра Великого»

Алексей А. Грачев, канд. техн. наук, и. о. директора ВШТ ФГАОУ ВО «СПбПУ Петра Великого»

Алексей А. Семенов, инженер-конструктор АО «ЦМКБ «Алмаз»

Аушра В. Баните, ассистент ВШТ ФГАОУ ВО «СПбПУ Петра Великого»

Игорь В. Лесковец, канд. техн. наук., заведующий кафедрой МОУ ВО «Белорусско-Российский университет»

Влияние изменения профиля рельса на его напряженно-деформированное состояние // Транспорт РФ. — 2021. — № 5–6 (96–97). — С. 52–58.

Авторы статьи предложено использовать уникальную технологию позиционирования подвижных единиц на железнодорожном пути, связанную с тесной интеграцией ходовых рельсов и оптоволоконного кабеля. Технология подразумевает незначительное изменение профиля рельса. В статье исследовано влияние места расположения и глубины отверстия на напряженно-деформированное состояние рельса, возникающее при движении поезда. Представлен обзор технологий позиционирования подвижных единиц на железнодорожном пути, отмечены их достоинства и недостатки. Подробно описан эксперимент с изменением профиля рельса для использования его в качестве удобного средства для закрепления оптоволоконного кабеля. Использование предлагаемых решений позволит на практике реали-

зовать новую систему интервального регулирования движения поездов, названную авторами оптической автоблокировкой с подвижными блок-участками. Предложенная автоблокировка по сравнению с традиционными позволяет отказаться от рельсовых цепей и является самодиагностируемой на всей протяженности пути, также контролируется любой излом рельса (и полный, и частичный), чего не позволяет сделать традиционная рельсовая цепь.

Ключевые слова: система управления движением поездов, интервальное регулирование движения поездов, оптическая рельсовая цепь, оптическая автоблокировка с подвижными блок-участками, контроль напряженно-деформированного состояния, модификация системы управления, самодиагностирование рельсового пути

Контактные данные: tres-4b@yandex.ru, plotnikov_dg@spbstu.ru, grachev_aa@spbstu.ru, aleksey.semenov@yandex.ru, banite_av@spbstu.ru, leskovets1966@mail.ru

Виталий В. Комаров, канд. техн. наук, доцент, первый заместитель генерального директора по научной работе ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта»

Методические подходы для оценки эффективности эксплуатации ВАТС в пассажирских перевозках // Транспорт РФ. — 2021. — № 5–6 (96–97). — С. 59–63.

Рассмотрены подходы к формированию методического обеспечения эффективности эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств (ВАТС). Сформулированы критерии выбора маршрутов для организации регулярных перевозок пассажиров с использованием ВАТС. Разработаны функциональные зависимости, характеризующие эффективность и безопасность процессов функционирования ВАТС и качество транспортного обслуживания населения. Предложенные в работе методические подходы могут быть использованы при оценке эффективности инвестиций в проекты по внедрению ВАТС и производственных результатов транспортных организаций.

Ключевые слова: высокоавтоматизированные транспортные средства, маршруты регулярных перевозок, безопасность, пропускная способность, экологическая безопасность, социально-экономический эффект

Контактные данные: komarov@niat.ru

Александр Н. Шумский, директор АНО «Центр борьбы с пробками» (ЭЦ «Пробок.нет»)

Диана Р. Хакимова, руководитель специальных проектов АНО «Центр борьбы с пробками» (ЭЦ «Пробок.нет»)

Эффективная организация приоритетного проезда общественного транспорта // Транспорт РФ. — 2021. — № 5–6 (96–97). — С. 64–68.

Рассмотрены способы предоставления приоритета движения общественного транспорта на основе современных решений в Москве. Описаны схемы организации выделенных полос в местах пересечения в зависимости от скорости движения и интенсивности потока, а также применение различных видов горизонтальной разметки, повышающей эффективность выделенной полосы. Представлен пример графика программного анализа времени проезда по маршруту общественного транспорта, основанный на данных, собранных с помощью ГЛОНАСС.

Ключевые слова: общественный транспорт, приоритет для общественного транспорта, выделенные полосы, организация приоритета общественному транспорту, оценка эффективности организации приоритета

Контактные данные: a@probok.net, dr@probok.net

Алексей Ю. Овчинников, канд. мед. наук, проректор ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» (РУТ (МИИТ))

Елена А. Царькова, канд. пед. наук, начальник управления развития профессионального образования РУТ (МИИТ)

Ольга В. Головина, канд. пед. наук, заместитель начальника управления развития профессионального образования РУТ (МИИТ)

Татьяна А. Семенова, главный эксперт управления развития профессионального образования РУТ (МИИТ)

Система транспортного образования в России: анализ ситуации и ключевые аспекты // Транспорт РФ. — 2021. — № 5–6 (96–97). — С. 69–76.

Для реализации концепции подготовки кадров для транспортного комплекса России, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 6 февраля 2021 г. № 255-р, представлены аналитические сведения, полученные на примере отдельной выборки программ в области наземных, морских, авиационных и железнодорожных перевозок. Проведена как оценка образовательных организаций Российской Федерации высшего и среднего профессионального образования вообще, осуществляющих обучение по программам в области транспорта, так и выборочно, на примере образовательных организаций, подведомственных Минтрансу России и федеральными

агентствами на транспорте. Представленные сведения позволяют оценить долевое распределение программ бакалавриата, магистратуры, специалитета, а также программ подготовки рабочих и специалистов среднего звена в общей структуре подготовки транспортников. Представлен рейтинг наиболее востребованных направлений и специальностей. Статья опирается на результаты исследований, проводимых управлением развития профессионального образования Российского университета транспорта, и предназначена для административно-управленческих кадров, отвечающих за регулирование вопросов обучения в образовательных организациях высшего и среднего профессионального образования, кадровых служб предприятий и HR-компаний, а также представителей бизнеса, исследователей, студентов и аспирантов.

Ключевые слова: транспортный комплекс, концепция развития, структура транспортного образования, сеть транспортных образовательных организаций, университеты, высшее образование, среднее профессиональное образование, подготовка специалистов, спрос на подготовку, востребованные программы, прием, контингент, динамика

Контактные данные: ovalov@gmail.com, tsarkova_7@mail.ru, ov_golovina@bk.ru, semenova-ta@bk.ru

Гаджимет И. Гаджиметов, руководитель ИЦ АО «ВНИКТИ»

Эдуард С. Оганьян, д-р техн. наук, главный научный сотрудник АО «ВНИКТИ»

Ирина В. Фомина, заведующий лабораторией рамных и корпусных конструкций отдела прочности АО «ВНИКТИ»

Владимир А. Быков, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник АО «ВНИКТИ»

Совершенствование расчетных режимов нагружения рамы тележки грузового вагона // Транспорт РФ. — 2021. — № 5–6 (96–97). — С. 77–81.

Для повышения скорости движения грузовых поездов ведется разработка грузовых вагонов, имеющих в своем составе ходовые тележки с единой сварной рамой, рассчитанные на конструкционную скорость 140 км/ч. При разработке ставилась задача создать вагон и тележку, технически совместимые с эксплуатируемыми грузовыми вагонами и адаптированные к существующей технологии вождения и формирования грузовых поездов. Одной из важных частей экипажа является ходовая тележка, от конструкции которой зависят динамические качества вагона. При этом в ходе проектирования важно обеспечивать прочность конструкции, в том числе от редких экстремальных нагрузок, встречающихся в эксплуатации. Исходя из поставленной задачи, расчет прочности рамы по допускаемым напряжениям проводился по режимам, принятым в нормативных документах для грузовых вагонов. Для обеспечения и оценки прочности несущих конструкций тележки применялись требования, установленные в ГОСТ 32321–2014. В статье проведен анализ положений актуальных нормативных документов, связанных с техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 001/2011 и содержащих методики выполнения расчетов на прочность по допускаемым напряжениям рам тележек подвижного состава. Проведено сравнение расчетных режимов с требованиями европейских стандартов. По результатам исследований обоснован дополнительный расчетный режим, актуальный при эксплуатации грузовых вагонов со сварной конструкцией рамы тележки. Разработка, расчет и оценка конструкции с учетом дополнительного режима позволяет повысить надежность конструкции рамы при ходе вагона с рельсов. В ходе работы выполнено сравнение нагруженности расчетной модели с результатами тензометрирования.

Ключевые слова: скоростная тележка, вагон, сварная рама, стендовые испытания, расчетные режимы

Контактные данные: info@vnikti.com

Сергей А. Федоров, канд. техн. наук, заместитель исполнительного директора, директор дирекции проектирования грузовых вагонов ООО «Всесоюзный научно-исследовательский центр транспортных технологий» (ВНИЦТТ)

Максим В. Агнских, начальник отдела «Цистерны» ВНИЦТТ

Александр В. Калугин, руководитель конструкторской группы ВНИЦТТ

Новая арматура для нефтебензиновых вагонов-цистерн // Транспорт РФ. — 2021. — № 5–6 (96–97). — С. 82–86.

В статье представлены результаты разработки арматуры вагонов-цистерн для нефтепродуктов: устройства нижнего слива и клапана предохранительно-впускного.

Ключевые слова: устройство нижнего слива, клапан предохранительно-впускной, вагон-цистерна, нефтепродукты, конструкция, требования, эксплуатация

Контактные данные: s.fedorov@tt-center.ru, maginskikh@tt-center.ru, akalugin@tt-center.ru

Pavel A. Kravchenko, Dr. Sc. Eng., professor, scientific director of the Traffic Safety Institute, St Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU)

Sultan V. Zhankaziyev, Dr. Sc. Eng., professor, chair of the Traffic Organisation and Safety department, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)

Elena M. Oleshchenko, Cand. Sc. Eng., associate professor, director of the advanced training centre of the automobile and road department, SPbGASU

Factor-based management of the level of safety provided on Russia's roads // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 5–6 (96–97). — P. 3–9.

The paper is dedicated to the trial application of cognitive approach to solving the task of expanding the volume of knowledge about factors that impact the level of provided traffic safety. The results of solving the task set are considered as the beginning of forming the full spectrum of causes and possible mechanisms of countering each type thereof.

The paper uses a non-legislative interpretation of the term "traffic safety", as traffic without danger to people's life or health in traffic accidents which is equivalent to ensuring zero mortality. This eliminates the factor of knowledge uncertainties that contribute an element of disorganisation into the practice of ensuring safety in Russia's roads, ensures completeness of evaluation of the state and parameters of the system depending on internal and external impacts.

Forms of presenting models of technical systems of managements are presented on the example of automobile non-automated and automated car steering systems, which are particularly important for the unmanned types, as well as of systems for organisational management of the activities of responsible decision-making officials and of agents subordinated to them. Factors impacting the traffic safety in the aforementioned systems are performance levels of their main functional qualities quantitatively evaluated by using mechanisms of their formation obtained by structural changes of models of the aforementioned systems.

The paper studies a source of new factors unused in the practice of ensuring traffic safety in the segment of taking managerial decisions of all types implemented in the system of ensuring traffic safety. Aspect method of evaluation of their quality was used as an instrument of research, depending on the views, points of view, angles and qualifications of decision makers, as well as on indicators of functional qualities and other specific features of sides and facets of objects under study.

Keywords: concept, warning, traffic safety, cause, zero mortality, operability, system, systemic approach, digitalisation, traffic accident

Contact: obdd2008@mail.ru

Vladimir N. Lozhkin, Dr. Sc. Eng., professor, professor of the firefighting and rescue equipment and motor vehicle industry department, St Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia

Method of countering risks of excessive pollution of atmospheric air by transport // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 5–6 (96–97). P. 9–13.

The paper presents results of a desk study of expected pollution of air with NO_2 , PM_{10} and $\text{PM}_{2.5}$ by motor transport and heat and power sector enterprises during peak traffic by motor traffic under normally unfavourable weather conditions (on the example of St Petersburg). It is shown that pollution of air with NO_2 and PM_{10} has territorial anomalies. Local excessive concentrations of $\text{PM}_{2.5}$ on road network can exceed the maximum permissible single concentration by a factor of 2 to 4.

Keywords: city, air environment, vehicles, thermal power plants, pollutants, emergency situation

Contact: vnlojkin@yandex.ru

Valerii N. Miachin, Dr. Sc. Eng., professor, director general, Research and Design Institute for Territorial Development and Transport Infrastructure (NIPI TRTI)

Stanislav V. Tsiibro, first deputy director general, head of socioeconomic research department, NIPI TRTI

Alina A. Baskakova, Cand. Sc. Econ., transport economy project area head, NIPI TRTI

Methods of economic studies on public motorways // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 5–6 (96–97). — P. 14–19.

The paper considers issues of developing an up-to-

date system of requirements for economic studies that takes into account provisions of technical regulations used in conducting road activities as well as approaches to studies actually used by design organisations. With a view to improve the processes of carrying out economic studies in designing construction, reconstruction and major renovations of public motorways, the existing regulatory framework was analysed, recommendations on basic steps in conducting economic studies, and requirements for the volume and structure of data collected are listed.

Keywords: motorway design, economic studies

Contacts: vmyachin@ipr.ru, stas@ipr.ru, abaskakova@ipr.ru

Aleksei D. Razuvaev, Cand. Sc. Econ., associate professor of the transport infrastructure economy and construction business management department, Russian University of Transport (RUT MIIT)

Anastasiia Iu. Lednei, Cand. Sc. Econ., senior lecturer of the transport infrastructure economy and construction business management department, RUT MIIT

Ruslan A. Titov, PhD student of the transport infrastructure economy and construction business management department, RUT MIIT

Ekaterina I. Belozero, research assistant of the transport infrastructure economy and construction business management department, RUT MIIT

Economic aspect of use and development of transport infrastructure in urban agglomerations // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 5–6 (96–97). — P. 20–27.

The paper provides economic evaluation of development and territorial planning of transport infrastructure in urban agglomerations. Main trends in development of urban public and personal transport are noted on the example of the Moscow agglomeration. The role of rail transport in the structure of urban planning is determined on the basis of agglomeration land use patterns. Process of modelling transport infrastructure is analysed taking into account the stages of planning, collection and distribution of journeys, passengers' subjective preferences, as well as using the gravity model for determination of number of rides. Indicators of intermodal transport mobility of the population are proposed for various types of transport, defined both from the number of journeys and the passenger turnover. Feasibility of applying the cost-benefit analysis method is noted for evaluation of economic efficiency of infrastructural transport projects due to their high social significance and the need to account for a wide spectrum of effects formed. It is concluded that the public rail transport is the most promising both for agglomerations which tend towards super-urbanisation and for the deurbanised territories. The study allowed expanding the existing methodological instruments of evaluating economic efficiency of implementation of infrastructural transport projects by improved approaches to justification of investment, construction and transport activities.

Keywords: agglomeration economy, transport, transport construction, transport infrastructure, gravity model, intermodal transport mobility of the population, economic efficiency

Contacts: razuvaevalex@yandex.ru, trinitinoks@mail.ru, r4777777@yandex.ru, ekaterina@belozero-rut.ru

Il'ia M. Gulyi, Cand. Sc. Econ., associate professor, Emperor Alexander I St Petersburg State Transport University (PGUPS)

Analysis of hybrid models of digitalisation in the sphere of railway transportation // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 5–6 (96–97). — P. 28–31.

Hybrid business models of digitalisation are relevant at the stage of switching to digital business when in addition to traditional technologies for organisation of operational processes, earlier methods of providing a value proposition to the clients new digital platforms, CRM-systems of client interaction, software instruments for managing autonomous and connected transport on the basis of technical vision and machine learning, etc. appear. The paper proposes a definition of a hybrid model of digitalisation, and justifies economic advantages, as well as risks and threats of additional losses in introducing hybrid digitalisation models. A combined matrix scheme

of effects of digital transformation projects of the Russian Railways group of companies and the project hybridisation stage is proposed. Using the hierarchy analysis method on a separate project sample basis, the technology of ranking them on multi-criterion principle, accounting for the degree of hybridisation, is shown. Methods of descriptive diagnostics, content analysis, hierarchy analysis and a few others were used. The results would be useful for understanding by company managers of the essence of transitional hybrid models in the framework of implementation of projects and programmes of corporate digitalisation.

Keywords: digital transformation, cost structure, digital investment, intangible assets, digital technologies, hierarchy analysis method

Contact: ilya.gulyi@mail.ru

Elena Iu. Timofeeva, Cand. Sc. Econ., associate professor of the customs affairs department, St Petersburg State University of Economics

Information development of the customs infrastructure of the Eurasian Economic Union // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 5–6 (96–97). — P. 32–37.

The paper is dedicated to the introduction of information and telecommunications systems into processes of improving customs operations and carrying out customs control. Special attention is paid to improving the functioning of customs infrastructure objects in the crossing points on the outer border of the Eurasian Economic Union on the basis of application of artificial intelligence elements in information systems of customs bodies. Setting up intelligent crossing points and organisation of interaction between state control organs within a single digital platform contributes to significant increase of their throughput capacity that should also result in increasing efficiency of operation of transport organisations that carry out international transportation services. The paper considers the main factors related to the process of carrying out customs operations that impact on the speed of vehicles movement across a customs border, and the issues of modelling the throughput capacity of crossing points.

Keywords: customs infrastructure, intelligent crossing point, customs bodies' information system, Eurasian Economic Union, customs border, cargo turnover, modelling

Contact: eytimofeeva@yandex.ru

Igor' A. Evstigneev, head of directorate for introducing digital technologies, federal autonomous institution Russian Road Research Institute

Viktor V. Shmytinskii, Cand. Sc. Eng., professor of the Electrical Connection department, Emperor Alexander I St Petersburg State Transport University (PGUPS)

Infocommunication services on motorways // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 5–6 (96–97). — P. 38–42.

The paper presents data of the integrated analysis of capacities for creating and subsequent operation of digital infrastructure on motorways to provide a wide range of services for various categories of users on a fee-paying and free-of-charge basis.

Keywords: infocommunication services, digital service platform, motorways, transport management, expressways, electronic payments

Contacts: ievstigneev@mail.ru, viktor.v.s@mail.ru

Aleksei M. Gorbachev, Cand. Sc. Eng., associate professor of the automation and telematics in railway transport department, head of the functional diagnostics research laboratory, Emperor Alexander I St Petersburg State Transport University (PGUPS)

Petr A. Vasilenko, director general, Imsat LLC

Automation of traffic planning for urban high-speed light-rail transport // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 5–6 (96–97). — P. 43–46.

The paper considers problems and approaches to automation of traffic planning for urban high-speed light-rail transport (taking into account the specific features of high-speed tram functioning). The structure of the Transport Timetable automated system is discussed. It is designed for automating traffic planning, including tasks in building timetables, drafting release orders, drawing up itineraries, group alerting

for drivers of events on the line, as well as for maintaining incident database and timekeeping. Introduction of software for high-speed tram traffic planning in St Petersburg for organisation of new high-speed tram operation allowed to increase the automation level and to improve the dispatchers' working culture by reducing the number of monotonous operations.

Keywords: urban transport, light-rail transport, traffic management, route timetable, release order, itinerary, timekeeping

Contacts: ag@agpage.ru, vasilenko.p.a@gmail.com

Igor' A. Aganov, director general, research and technology centre Complex Monitoring Systems LLC

German V. Osadchii, deputy director general - chief engineer, Complex Monitoring Systems, senior lecturer of the automation and telematics in railway transport department, Emperor Alexander I St Petersburg State Transport University (PGUPS)

Dmitrii V. Efanov, Dr. Sc. Eng., deputy director general for research work, Complex Monitoring Systems, professor of the Higher School of Transport of the Institute for Mechanical Engineering, Materials and Transport, Peter the Great St Petersburg Polytechnic University, professor of the automation and telematics in railway transport department, Russian University of Transport (RUT MIIT)

Oleg V. Miroshnichenko, head of installation and maintenance projects, Complex Monitoring Systems

Viktor Iu. Kubrak, department head, Complex Monitoring Systems

Purovskii Bridge engineering structures monitoring system // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 5–6 (96–97). — P. 47–51.

The paper outlines the composition of a monitoring system for engineering structures on the first bridge across the river Pur in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug (Purovskii Bridge) which connects the oil and gas fields to the region's transport corridors. The monitoring system allows registering not only non-normative impacts on bridge structures from vehicles, but also climate impacts. Using the monitoring system allow controlling the technical condition of the Purovskii Bridge, as well as promptly react to registered events of reaching limit values of monitored parameters.

Keywords: transport bridge, road transport, engineering structures monitoring system, collection and analysis of diagnostic information, monitoring system operation

Contacts: aganov@ntc-ksm.ru, osadchii@ntc-ksm.ru, efanov@ntc-ksm.ru, miroshnichenko@ntc-ksm.ru, kubrak@ntc-ksm.ru

Dmitrii V. Efanov, Dr. Sc. Eng., associate professor, professor of the Higher School of Transport of the Institute for Mechanical Engineering, Materials and Transport, Peter the Great St Petersburg Polytechnic University

Dmitrii G. Plotnikov, Cand. Sc. Eng., associate professor of the Higher School of Transport, Peter the Great St Petersburg Polytechnic University

Aleksei A. Grachev, Cand. Sc. Eng., acting director of the Higher School of Transport, Peter the Great St Petersburg Polytechnic University

Aleksei A. Semenov, design engineer, central maritime design bureau Almaz

Aushra V. Banite, assistant researcher of the Higher School of Transport, Peter the Great St Petersburg Polytechnic University

Igor' V. Leskovets, Cand. Sc. Eng., department chair, Belarusian-Russian University

Impact of changing rail profile on its stress-strain state // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 5–6 (96–97). — P. 52–58.

The authors propose to use a unique technology for positioning of rolling stock on the railway track connected to close integration of running rails and fibre optic cable. The technology involves insignificant change to the rail profile. The paper studies the influence of the location and depth of the hole at the rail's stress-strain state caused by train movement. An overview of technologies for positioning rolling stock on the railway track is provided, their pros and cons noted. An experiment with changing rail profile to use as a convenient means for attaching the fibre optic cable is described in detail. The use of proposed solutions would permit for practical implementation

of a new system of interval control of train movement which the authors designated optical auto-locking with movable block sections. Compared to the traditional ones, the proposed auto-locking allows desisting from using rail circuits, and is self-diagnosing through the length of the track. In addition, every rail fracture (both full and partial) is controlled, which the traditional rail circuit does not permit.

Keywords: train movement control system, interval control of train movement, optical rail circuit, optical auto-locking with movable block sections, stress-strain state control, modification of control system, self-diagnosing of rail track

Contacts: tres-4b@yandex.ru, plotnikov_dg@spbstu.ru, grachev_aa@spbstu.ru, alek3ey.semenov@yandex.ru, banite_av@spbstu.ru, leskovets1966@mail.ru

Vitalii V. Komarov, Cand. Sc. Eng., associate professor, first deputy director for research, Research Institute for Automobile Transport (NIAT JSC)

Methodological approaches to evaluation of efficiency of operating highly automated vehicles in passenger transportation // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 5–6 (96–97). — P. 59–63.

The paper considers approaches to forming methodological support for ensuring efficiency of operation of highly automated vehicles. Criteria for route selection for organisation of regular passenger services using highly automated vehicles are formulated. Functional dependencies that characterise the efficiency and safety of highly automated vehicles functioning processes and the quality of transportation services for the population are developed. Methodological approaches proposed in the paper can be used in evaluation of efficiency of investment into projects for introduction of highly automated vehicles and of operational results of transport organisations.

Keywords: highly automated vehicles, regular transportation routes, safety, throughput capacity, environmental safety, socioeconomic effect

Contact: komarov@niat.ru

Aleksandr N. Shumskii, director, autonomous non-commercial organisation Centre for Fighting against Traffic Jams (Probok.net expert centre)

Diana R. Khakimova, head of special projects, Centre for Fighting against Traffic Jams (Probok.net expert centre)

Efficient organisation of priority passage of public transport // Transport of the Russian Federation. 2021. — № 5–6 (96–97). — P. 64–68.

The paper considers methods of providing priority passage to public transport traffic on the basis of contemporary solutions in Moscow. Schemes of organisation of dedicated lanes at crossing points are described, depending on travel speeds and flow intensity, as well as application of various types of horizontal markings increasing the efficiency of a dedicated lane. An example of a software analysis chart of journey time on a public transport route based on the data collected with assistance of the Glonass satnav system.

Keywords: public transport, public transport priority, dedicated lanes, organisation of public transport priority, priority organisation efficiency evaluation

Contacts: a@probok.net, dr@probok.net

Aleksei Iu. Ovchinnikov, Cand. Sc. Med., vice-chancellor, Russian University of Transport (RUT MIIT)

Elena A. Tsar'kova, Cand. Sc. Ped., head of the directorate for development of vocational education, RUT MIIT

Ol'ga V. Golovina, Cand. Sc. Ped., deputy head of the directorate for development of vocational education, RUT MIIT

Tat'iana A. Semenova, chief expert of the directorate for development of vocational education, RUT MIIT

Russia's transport education system: analysis of situation and key aspects // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 5–6 (96–97). — P. 69–76.

For implementation of the Concept for Staff Training for Russia's Transport System, approved by a Russian government decree dated February 6, 2021, № 255-r, analytical data produced on an example of selected samples of programmes for ground, maritime, aviation and railway transportation are presented. Russian Federation's higher and secondary vocational education institutions providing education in the transport sphere are evaluated, including selectively, on the example of educational institutions

under the jurisdiction of Russia's Transport Ministry and the Federal Transport Agency. Data presented permits to evaluate the equity distribution of bachelor, master and specialist programmes, as well as programmes for training workers and mid-level professionals in the overall structure of training of transport workers. A rating of the most in-demand areas and professions is presented. The paper is based on the results of studies conducted by the directorate for development of vocational training of the Russian University of Transport, and is intended for the administrative and managerial staff responsible for regulating education in higher and secondary vocational institutions, enterprises' personnel services and HR companies, as well as entrepreneurs, researchers, students and PhD students.

Keywords: transport system, development concept, transport education structure, network of transport educational organisations, universities, higher education, secondary vocational education, specialist training, demand for training, programmes in demand, enrolment, contingent, dynamics

Contacts: ovalov@gmail.com, tsarkova_7@mail.ru, ov_golovina@bk.ru, semenova-ta@bk.ru

Gadzhimet I. Gadzhimetov, head of engineering centre, Research, Design and Engineering Institute for Rolling Stock JSC (AO VNIKTI)

Eduard S. Ogan'ian, Dr. Sc. Eng., chief researcher, AO VNIKTI

Irina V. Fomina, head of framed and hull structures of the strength department, AO VNIKTI

Vladimir A. Bykov, lead researcher, AO VNIKTI

Improvement of the design modes of loading the frame of a freight car bogie // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 5–6 (96–97). — P. 77–81.

In order to increase the cargo train movement speed, cargo wagons with single welded bogies designed for design speed of 140 km/h. In the process of design, the task was set to create a wagon and a bogie technically compatible with cargo wagons being operated and adapted to the existing technology of driving and formation of cargo trains. One of the important parts of the vehicle is the bogie, on which the wagon's dynamic properties depend. During designing it is important to ensure strength of the structure, including against rare extreme loads that occur during operation. Proceeding from this task, calculation of frame strength by permissible stresses was conducted by regimes adopted in regulatory documents for cargo wagons. Requirements set out in state standard GOST 33211-2014 were used for ensuring and evaluating strength of a bogie's structural elements. The paper presents an analysis of provisions of the current regulatory documents related to the Customs Union technical regulation TR TS 001/2011 which contain the methods for carrying out strength calculations by permitted frame loading of rolling stock bogies. Design modes are compared to requirements of European standards. Results of the study justify an additional calculation regime that is relevant in operation of cargo wagons with welded-construction from of wagon bogie. Design, calculation and evaluation of the construction accounting for the additional regime would permit increasing frame construction reliability in case of a wagon derailing. As part of the work, loading values produced by calculation model were compared to strain measurement results.

Keywords: bogie, wagon, welded frame, bench tests, design modes

Contact: info@vniikti.com

Sergei A. Fedorov, Cand. Sc. Eng., deputy executive director, director of the directorate for designing cargo wagons, All-Union Research and Development Centre for Transportation Technology (VNITsTT)

Maksim V. Aginskikh, head of the cargo tanks department, VNITsTT

Aleksandr V. Kalugin, head of the design group, VNITsTT

New fittings for oil and petrol cargo tank wagons // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 5–6 (96–97). — P. 82–86.

The paper presents results of development of cargo tank wagon fittings for petroleum products - bottom drainage system and safety inlet valve.

Keywords: bottom drainage system, safety inlet valve, cargo tank wagon, petroleum products, design, requirements, operation

Contacts: sfedorov@tt-center.ru, maginskikh@tt-center.ru, akalugin@tt-center.ru



**РЕАГЕНТ
ДЛЯ ДИЗЕЛЬНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ**

AdBlue®



УРАЛХИМ

Тел.: +7 495 721-89-89/доб. 11103
+7 985 203-77-91
E-mail: industrial@uralchem.com

www.uralchem.ru
www.adblue.uralchem.ru



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

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

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

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

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

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