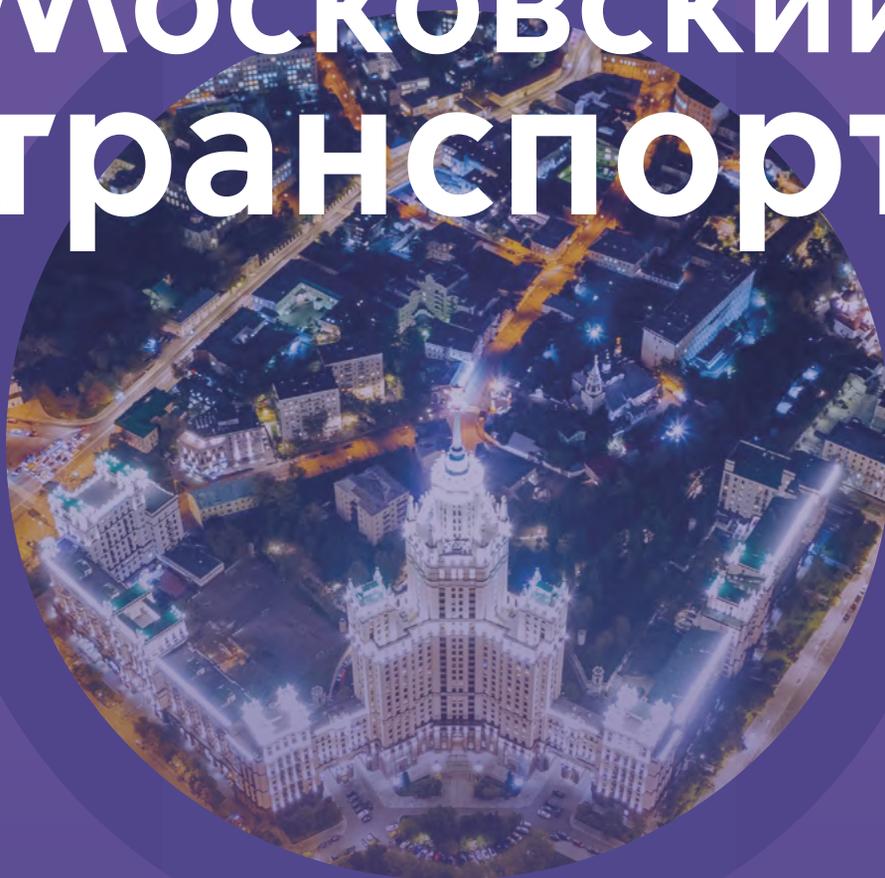




МосТрансПроект

Московский транспорт



Наука
и проектирование

2025



НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ИНСТИТУТА
«МОСТРАНСПРОЕКТ»

ISSN: 3034-5162

SCIENTIFIC JOURNAL

OF THE RESEARCH
INSTITUTE
«MOSTRANSPROJECT»

ISSN: 3034-5162

2025 № 2 (2)

Научный журнал

Учредитель

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ «МОСТРАНСПРОЕКТ»**

Основан в 2025 г.

При перепечатке материалов ссылка на журнал «Московский транспорт. Наука и проектирование» обязательна. Рукописи, не принятые к публикации, не возвращаются.

Мнение редакции и членов редколлегии может не совпадать с точкой зрения авторов публикаций.

© ГБУ «МосТрансПроект», 2025

Scientific Journal

Founder

**RESEARCH INSTITUTE
«MOSTRANSPROJECT»**

Founded in 2025

When reprinting materials, a reference to the journal «Moscow Transport. Science and Design» is required. Manuscripts which were not accepted for publication will not be returned.

The opinion of the editorial board and its members may not coincide with the viewpoint of the authors of publications.

© SBI «MosTransProject», 2025



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

Гришин Виктор Иванович – доктор экономических наук, профессор, председатель экспертного совета по науке при Департаменте транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры г. Москвы, научный руководитель ГБУ «МосТрансПроект»

Ответственный секретарь

Косарева Елена Александровна – кандидат экономических наук, главный научный сотрудник ГБУ «МосТрансПроект»

Члены редакционной коллегии

Абдурахманов Каландар Ходжаевич – академик Академии наук Республики Узбекистан, профессор, доктор экономических наук

Асаул Николай Анатольевич – доктор экономических наук, профессор, директор ГУП «Мосгортранс», заведующий кафедрой «Автомобильные перевозки» ФГБОУ ВО МАДИ

Белов Александр Владимирович – кандидат технических наук, главный научный сотрудник ГБУ «МосТрансПроект»

Гришина Ольга Алексеевна – доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник ГБУ «МосТрансПроект»

Дементьев Виктор Евгеньевич – член-корреспондент Российской академии наук, доктор экономических наук, профессор, руководитель научного направления «Макроэкономика и институциональная теория» ФГБУН ЦЭМИ РАН

Жанказиев Султан Владимирович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Организация и безопасность движения, интеллектуальные транспортные системы» ФГБОУ ВО МАДИ

Зайченко Николай Михайлович – доктор технических наук, профессор, ректор Донбасской национальной академии строительства и архитектуры ФГБОУ ВО ДонНАСА, ДНР

Кудрявцев Сергей Анатольевич – член-корреспондент Российской академии архитектуры и строительных наук, доктор технических наук, профессор, заслуженный строитель Российской Федерации, заведующий кафедрой «Мосты, тоннели и подземные сооружения» ФГБОУ ВО ДВГУПС

Купчикова Наталья Викторовна – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник ГБУ «МосТрансПроект»

Нгуен Чонг Там – заведующий кафедрой «Железнодорожный путь и метрополитен», кандидат технических наук, профессор Хошиминского университета транспорта, г. Хошимин (Вьетнам)

Розенберг Игорь Наумович – член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, научный руководитель, заведующий кафедрой «Геодезия, геоинформатика и навигация» ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ)

Сахненко Маргарита Александровна – кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Водные пути, порты и портовое оборудование» Академии водного транспорта ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ)

Федоров Виктор Сергеевич – академик Российской академии архитектуры и строительных наук, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительные конструкции, здания и сооружения» ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ)

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ИНСТИТУТА
«МОСТРАНСПРОЕКТ»
№ 2 (2) 2025

Ответственный секретарь:

Е. А. Косарева

Выпускающий редактор:

В. В. Кузнецов

Редактор: Н. В. Юркень

Переводчик: Е. С. Романова

Верстка: А. В. Таскаева

Оформление обложки:

Д. Ю. Козлова

Адрес редакции:

101000, г. Москва,

Потаповский пер., д. 3, стр. 1

Тел.: +7 (495) 419-04-86 (доб. 443, 262)

e-mail: nicenter@mtp.mos.ru

Подписано в печать 23.06.2025

Формат 60 x 84 /8

Печ. л. 5,94.

Усл. печ. л. 12.

Тираж 200 экз.

(первый завод - 50 экз.).

Заказ № 2

Содержание

Транспортные системы

- А. Р. Хайретдинова, А. Ф. Колбасов,*
Идентификация транспортных средств с целью повышения
безопасности эксплуатации и ликвидации
последствий ДТП 8
- И. Е. Михеева, О. Ф. Засемкова,*
Регулирование деятельности курьерских сервисов как фактор
повышения безопасности движения 19
- А. В. Берилов, С. Ю. Останин, М. Ю. Румянцев, И. В. Станкевич,*
Электрозарядные комплексы
с динамическим распределением мощности
между различными видами транспортных средств 31

Строительство

- Ю. В. Лазуткин,*
Результаты эксперимента по оценке влияния
комплексности сочетания динамических воздействий
от наземного и подземного транспорта 40
- М. И. Дьяков, Б. Ю. Барыкин, И. М. Дьяков,*
Экспериментальные данные быстрых догрузений стальных жестких
фундаментов в транспортном строительстве 51
- Нгуен Чонг Там,*
Преобразование Фурье и аппарат обобщенных функций
в оценке вибраций тоннеля метро Вьетнама при движении
сосредоточенных сил 60

Компьютерные науки и информатика

- С. А. Лебедев, Г. Г. Красноженов, Н. С. Белова,*
Анализ опыта использования технологий
искусственного интеллекта в транспортном проектировании
и смежных отраслях 69
- А. И. Гришин, Е. А. Косарева,*
Использование инструментов искусственного интеллекта
в экспертизе научной документации 88

Экономика

- А. В. Лукина, С. В. Мхитарян, Р. Р. Сидорчук,*
Оценка восприятия стоимостной доступности общественного
транспорта города Москвы в 2025 году 98
- С. В. Весманов, О. А. Аплевич,*
Структура и содержание коммуникаций
транспортного комплекса Москвы и городского населения 107

EDITORIAL BOARD

Editor-in-chief

Grishin Viktor Ivanovich – Doctor of Economics, Professor, Chairman of the Expert Council on Science at the Department of Transport and Development of Road and Transport Infrastructure of Moscow, Scientific Director of the SBI «MosTransProject»

Executive Secretary

Kosareva Elena Alexandrovna – Candidate of Economic Sciences, Chief Researcher at SBI «MosTransProject»

Members of the Editorial Board

Abdurakhmanov Kalandar Khodzhaevich – Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Professor, Doctor of Economic Sciences

Asaul Nikolay Anatolyevich – Doctor of Economic Sciences, Professor, Director of State Unitary Enterprise «Mosgortrans» (Moscow City Transport), Head of the Department of «Automobile Transportation» at Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow Automobile and Road Construction State Technical University» (MADI)

Belov Alexander Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences, Chief Research Scientist at GBU «MosTransProject»

Grishina Olga Alekseevna – Doctor of Economic Sciences, Professor, Chief Researcher at SBI «MosTransProject»

Dementiev Viktor Evgenievich – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Scientific Direction «Macroeconomics and Institutional Theory», Federal State Budgetary Institution of Science «Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences» (CEMI RAS)

Zaichenko Nikolai Mikhailovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector of the Donbass National Academy of Construction and Architecture, Federal State Budgetary Institution of Higher Education DonNASA, Donetsk People's Republic

Zhankaziev Sultan Vladimirovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department «Traffic Organization and Safety, Intelligent Transport Systems» at Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)

Kudryavtsev Sergey Anatolyevich – Corresponding Member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Builder of the Russian Federation, Head of the Department «Bridges, Tunnels and Underground Structures» at the Far Eastern University of Railway Transport

Kupchikova Natalia Viktorovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at SBI «MosTransProject»

Nguyen Trong Tam – Head of the Department «Railway Track and Metro», Candidate of Technical Sciences, Professor at Ho Chi Minh City University of Transport, Ho Chi Minh City (Vietnam)

Rosenberg Igor Naumovich – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (RAS), Doctor of Technical Sciences, Professor, Scientific Director and Head of the Department of «Geodesy, Geoinformatics and Navigation» at the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Russian University of Transport» (Moscow Institute of Transport Engineers)

Sakhnenko Margarita Aleksandrovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of «Waterways, Ports and Port Equipment» at the Academy of Water Transport of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Russian University of Transport» (Moscow Institute of Transport Engineers)

Fedorov Viktor Sergeevich – Academician of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department «Building Structures, Buildings and Facilities» at the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Russian University of Transport» (RUT MIIT)

SCIENTIFIC JOURNAL
OF THE RESEARCH
INSTITUTE
«MOSTRANSPROJECT»
No. 2 (2) 2025

Executive Secretary: E. A. Kosareva
Managing editor: V. V. Kuznetsov
Editor: N. V. Yourken
Translator: E. S. Romanova
Layout: A. V. Taskaeva
Cover Design: D. Y. Kozlova

Editorial office address:

101000, Moscow, Potapovsky Lane, 3,
Building 1
Tel.: +7 (495) 419-04-86 (ext. 443, 262)
E-mail: nicenter@mtp.mos.ru
Signed for printing on June 23, 2025
Format 60 x 84/8
Printed sheets: 5.94
Conventional printed sheets: 12

Print run: 200 copies.
(first batch — 50 copies).
Order No. 2

Content

Transport Systems

- A. R. Khayretdinova, A. F. Kolbasov,*
Identification of Vehicles for Improving Operational Safety and Eliminating
the Consequences of Traffic Accidents 8
- I. E. Mikheeva, O. F. Zasemkova,*
Regulation of Courier Service Activities
as a Factor of Improving Traffic Safety 19
- A. V. Berilov, S. Y. Ostanin, M. Y. Rummyantsev, I. V. Stankevich,*
Electric Charging Systems with Dynamic Power Distribution
Between Different Types of Vehicles 31

Construction

- Yu. V. Lazutkin,*
Experimental Results on Assessment
of the Impact of Complex Combinations
of Dynamic Effects from Surface and Underground Transport 40
- M. I. Dyakov, B. Yu. Barykin, I. M. Dyakov,*
Experimental Data on Rapid Loading
of Steel Rigid Foundations
in Transportation Construction 51
- Nguyen Trong Tam,*
The Fourier Transform and Generalized Function Theory
in Vibration Assessment of Vietnam Metro Tunnel
under Concentrated Force Movement 60

Computer Sciences and Informatics

- S. A. Lebedev, G. G. Krasnozhenov, N. S. Belova,*
Use of Artificial Intelligence Technologies
in Transportation Design and Related Industries 69
- A. I. Grishin, E. A. Kosareva,*
The Use of Artificial Intelligence Tools
in Scientific Documentation Expertise 88

Economics

- A. V. Lukina, S. V. Mkhitaryan, R. R. Sidorchuk,*
Assessment of Public Transport Affordability Perception
in Moscow in 2025 98
- S. V. Vesmanov, O. A. Aplevich,*
Structure and Content of Communications
Between Moscow's Transport Complex
and the Urban Population 107

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ДТП

А. Р. Хайретдинова

А. Ф. Колбасов

ГУП «Московский метрополитен»

Аннотация. Новая концепция развития автомобильного транспорта подразумевает развитие энергоустановок с низким углеродным следом, которые представляют собой инновационные узлы и агрегаты, такие как электрохимический генератор на водороде, литий-ионная перезаряжаемая система хранения и накопления электроэнергии, различные электрические компоненты с напряжением более 400 В, а также системы хранения водорода под давлением от 350 атм. Несмотря на то, что такие транспортные средства обладают большим уровнем безопасности, к ним требуются определенные подходы в различных ситуациях. С распространением транспортных средств на альтернативных источниках энергии появилась необходимость их маркировки для различных целей, но все эти цели косвенно или напрямую связаны с повышением безопасности при эксплуатации, обслуживании и ремонте, а также при ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий. В мире существуют различные способы внешней идентификации и маркировки транспортных средств, которые успешно внедрены и применяются. В статье проведен анализ маркировки и целей ее применения с последующими выводами, содержащими рекомендации по внедрению на транспортных средствах с альтернативными источниками энергии, а также рассматривается нормативная база, которая дает основания и методику для ее применения. Часть маркировки может содержать как информацию об особенностях конструкции, так и ссылки на инструкции по проведению аварийно-спасательных работ для конкретного образца техники.

Ключевые слова: электромобиль, гибрид, безопасность электротранспорта, транспорт с электроприводом, маркировка электромобилей и гибридов, водородный транспорт, повышение безопасности, карты спасения, руководство по реагированию.

IDENTIFICATION OF VEHICLES FOR IMPROVING OPERATIONAL SAFETY AND ELIMINATING THE CONSEQUENCES OF TRAFFIC ACCIDENTS

A. R. Khayretdinova

A. F. Kolbasov

State Unitary Enterprise «Moscow Metro»

Abstract. The new concept of automotive transport development involves the advancement of power systems with a low carbon footprint, which comprise innovative components and assemblies such as electrochemical hydrogen generators, lithium-ion rechargeable energy storage and accumulation systems, various electrical components with voltages exceeding 400 V, and hydrogen storage systems operating at pressures from 350 atmospheres. Although such vehicles possess enhanced safety levels, they require specific approaches

in various situations. With the proliferation of alternative energy vehicles, the necessity for their marking has emerged for various purposes, all of which are directly or indirectly related to improving safety during operation, maintenance, and repair, as well as during traffic accident response operations. Various methods of external identification and marking of vehicles exist worldwide, which have been successfully implemented and applied. This article presents an analysis of marking systems and their application purposes, followed by conclusions containing recommendations for implementation on alternative energy vehicles. The regulatory framework that provides the basis and methodology for such application is also examined. Portions of the marking may contain both information about design features and references to emergency response instructions for specific vehicle models.

Keywords: electric vehicle, hybrid, electric transport safety, electric drive transport, electric vehicle and hybrid marking, hydrogen transport, safety enhancement, rescue cards, emergency response guide.

Введение

Идентификация вида источника энергии на транспортных средствах в Российской Федерации появилась в 2011 году с введением требований Технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (далее ТР ТС 018/2011) [1]. За последние 15 лет прогресс в развитии альтернативных источников энергии в автомобильной промышленности отразился в значительном увеличении

парка транспортных средств на электроэнергии, водороде и комбинации таких источников с традиционными.

Поскольку новые источники требуют новых подходов в обслуживании, эксплуатации, ликвидации аварийных ситуаций, а также в популяризации, то их маркировка тоже получила широкое распространение в различных странах мира.

Метод

В данной работе используются анализ нормативной и правовой документации, материалы из рецензируемых изданий, рекомендуемых ВАК, регламентирующие документы и доклады

специалистов неофициальной рабочей группы EVS при официальной рабочей группе GRSP WP/29 (World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations).

Основная часть

Парк транспортных средств с электроприводом в России стремительно развивается, но его доля довольно мала. Например, количество электромобилей составляет около 57 000 штук, несмотря на обновление рекорда продаж [2], а количество автомобилей с различными типами комбинированных энергоустановок составляет около 325 000 штук. В Российской Федерации периодически поднимаются вопросы о маркировке транспортных средств и проводится определенная работа по внедрению различных подходов, но на данном этапе все подходы являются добровольными.

Был проведен анализ мировой практики маркировки транспортных средств с перспективными энергоустановками с целью выбора основной концепции, которую, действительно,

можно реализовать на практике в Российской Федерации с целью как повышения уровня безопасности, так и с целью популяризации.

В ходе рабочей 71-й сессии Working Party on Passive Safety (WP.29/GRSP) 2022 года [3] был представлен доклад «Риски, связанные с вентиляцией литий-ионных элементов, их обнаружение и контрмеры», в котором отражены данные по опросу более 500 человек, участвовавших в ликвидации последствий ДТП ТС с тяговым электроприводом. Общая позиция по данному опросу содержала необходимость идентификации источника энергии, приводящего в движение транспортное средство и обязательное наличие руководства по экстренному реагированию при чрезвычайных ситуациях, выполненного в соответствии с ISO 17840.

Идентификация по номерным знакам

Самая распространенная тенденция в мировом автопроме — это идентификация с помощью государственного регистрационного знака (далее — ГРЗ) (рис. 1).

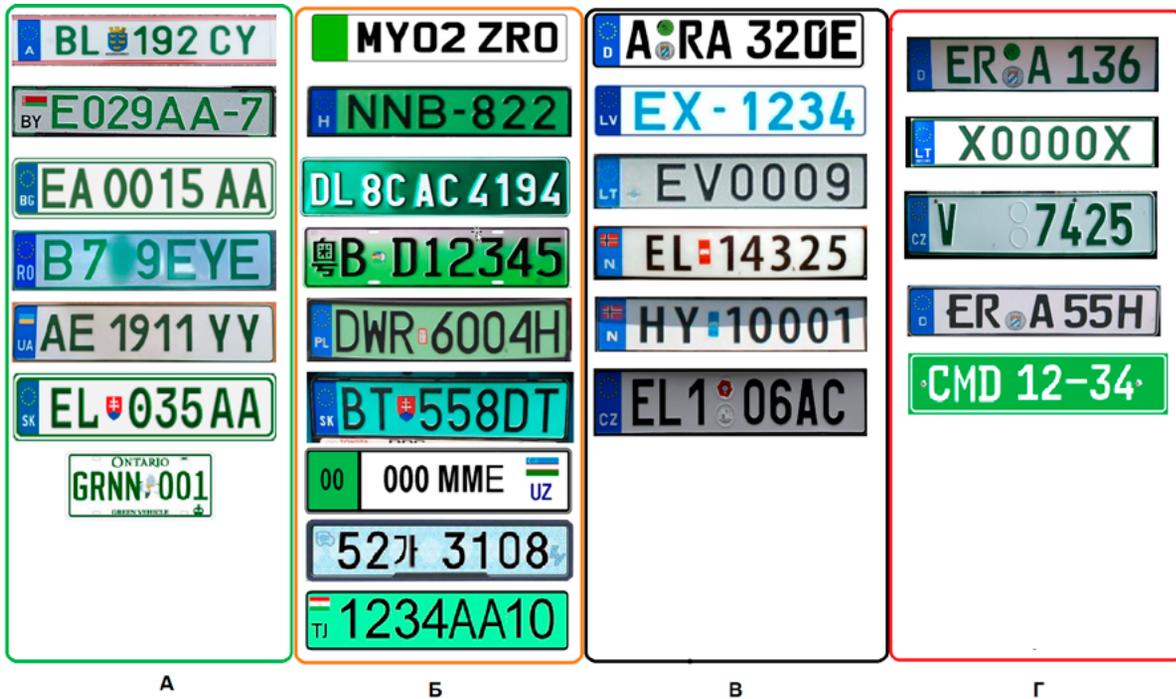


Рис. 1. ГРЗ ТС с тяговым электроприводом в разных странах: А — зеленый шрифт, Б — различный цветовой фон, В — буквенные обозначения, Г — ГРЗ, которые никак не связаны с типом энергоустановки.

Источник: авторы исследования

Такая маркировка в подавляющем большинстве стран мира носит характер стимулирующих мер, которые призваны выделить электротранспорт в потоке, на стоянке. В некоторых странах процедура получения такого ГРЗ является добровольной. Закономерности применения единого цветового решения, принципов использования цветов (буквы/цифры или фон) до сих пор не выработаны как в странах, входящих в Европейский союз, так и в Евразийский экономический союз. Более того, есть ряд ГРЗ, которые никак не привязаны к типу энергоустановки.

Применение специальных ГРЗ для контроля предоставляемых льгот, таких как скидки на услу-

ги городских парковок или на проезд по платным дорогам, контроль въезда транспортных средств в различные экологические зоны имеет смысл только при условии, что устройства комплексов автоматической фотовидеофиксации смогут распознавать цветовые решения на лучшем уровне, чем обычные черно-белые ГРЗ. Работа комплексов иногда связана с невозможностью определить цвет ГРЗ, что иногда приводило к некорректности установки ответственного лица при АПН. Например, ГРЗ транспортных средств военных частей распознавались как мототранспортные средства (рис. 2).

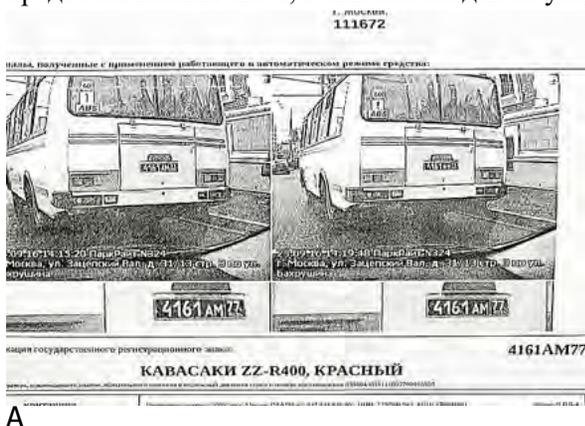


Рис. 2. Ошибка при считывании — ГРЗ группы 2 тип 5 считывается как ГРЗ группы 1 тип 4 [15–16]

Еще одним минусом применения идентификатора на ГРЗ является их утеря или порча при ДТП, в которых могут быть повреждены силовые элементы кузова и корпус высоковольтной батареи (рис. 3), что существенно затруднит идентификацию при ликвидации последствий. Необходимость понятной и легко читаемой идентификации была и остается ключевым вопросом при выполнении работ по ликвидации последствий ДТП как в России, так и за рубежом, поскольку

методы проведения аварийно-спасательных работ на транспортных средствах с альтернативными источниками энергии значительно отличаются от традиционного транспорта, особенно в области контроля воспламенения литий-ионной аккумуляторной батареи, при транспортировке такого ТС с места аварии к месту хранения, а также повышенными требованиями по огнезащите при длительном хранении перед утилизацией или ремонтом.



Рис. 3. Примеры ДТП транспортных средств, в которых были утеряны ГРЗ [19–21]

В 2020 году в России была предпринята попытка ввести специализированный ГРЗ для электромобилей в России путем разработки и утверждения ГОСТ Р 59127-2020 «Электромобили и автомобильные транспортные средства с комбинированными энергоустановками. Идентификация». В настоящий момент данный ГОСТ не действует, поскольку заменен более расширенным ГОСТ ИСО 17840-4-2023 «Автомобильные транспортные средства. Информация для экстренных оперативных и аварийно-спасательных служб. Часть 4. Идентификация источника энергии, приводящего

в движение транспортное средство». Предлагаемый в ГОСТ Р 59127-2020 вариант ГРЗ содержал литеру «Е» по аналогии с буквенной идентификацией, применяемой в Германии и обозначал «electric» (рис. 4 а). Данный формат распределения буквенно-числовых комбинаций имел недостаток: малое количество комбинаций в рамках одного региона — 171 072. При этом привычный формат «а 000 аа» имеет 1 726 272 комбинаций. Более логичным выглядит применение формата, когда идентификатор «Е» может быть помещен в поле, предназначенное для указания региона (рис. 4 б).



а)



б)

Рис. 4. Пример идентификатора в ГРЗ: а) предложенный в ГОСТ Р 59127-2020, б) авторский вариант.

Источник: авторы исследования

Идентификация по наклейкам

Анализ способов идентификации с помощью наклеек показал наличие разнообразной практики. Наклейки используются для: а) визуализации экологического класса, б) идентификации источника энергии на ГРЗ, в) идентификации источника энергии для служб экстренного и оперативного реагирования.

Маркировка экологического класса на автомобилях применяется в Австрии, Германии, Испании, Франции и США.

В Германии [4] маркировка автомобилей в соответствии с экологическими параметрами производится тремя видами наклеек, которые именуются плакетками (от немецкого Plakette), крас-

ного, желтого и зеленого цветов. Зеленая плакетка (рис. 5 а) выдается всем легковым бензиновым автомобилям от 1993 года выпуска, дизельным от 2001 года выпуска с классом от Евро-3 и сажевым фильтром, ТС на газомоторном топливе, а также электромобилем и гибридам (включая водородно-электрические энергоустановки). Для иностранных транспортных средств, которые эксплуатируются на территории Германии, есть возможность получить плакетку синего цвета (рис. 5 б) для того, чтобы их владельцы могли пользоваться преимуществами и привилегиями, такими как проезд по экологическим и автобусным полосам, а также бесплатная парковка.

В Испании [5] с 2023 года в соответствии с законом об изменении климата были сформированы зоны с низким уровнем выбросов для муниципалитетов с населением более 50 000 человек. В рамках допуска в эти зоны были разработаны четыре типа наклеек с целью создания эффективного инструмента муниципальной политики, с помощью которого можно регулировать выбросы от транспорта. Электромобили идентифицируются синей наклейкой (рис. 5 в), а подзаряжаемые гибриды с пробегом на одном заряде не менее 40 км, автомобили на газомоторном топливе, легкий коммерческий транспорт, ТС с вместимостью более восьми человек получают наклейку ECO (рис. 5 г).

Во Франции [6] в 2016 году введена наклейка Crit'Air (от французского Certificat qualité de l'air — «сертификат качества воздуха»), которая используется для классификации транспортных средств по уровню выбросов загрязняющих веществ в виде мелких частиц и оксидов азота. Наклейка Crit'Air является обязательной для вождения в зонах движения с низким уровнем выбросов (ZFE-m), определенных местными властями, или для вождения, когда префект вводит дифференцированное движение во время эпизодов загрязнения. Система Crit'Air была разработа-

на Министерством окружающей среды Франции в сотрудничестве с Министерством внутренних дел Франции с целью снижения воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду.

Существует шесть виньеток разного цвета, из которых две имеют отношение к транспортным средствам с тяговым электроприводом: зеленая для электромобилей и водородно-электрических гибридов (рис. 5 д) и фиолетовая для гибридов на основе ДВС (рис. 5 е).

В Австрии [7] с 1 января 2015 года введена экологическая наклейка Umwelt-Pickerl, которая обязательна для всех грузовых автомобилей, независимо от типа топлива и допустимого общего веса, если они хотят въехать в одну из экологических зон. Сюда же относятся так называемые бюджетные легковые автомобили, зарегистрированные как грузовые автомобили N1. В основном данные наклейки регулируют допуск транспортного средства в определенные зоны с низким уровнем выбросов вредных веществ. Введение экологических зон в Австрии основано на законе о защите выбросов IG-L в атмосферу BGBI. I № 115/1997 от 30.09.1997, который в целом регулирует вопросы охраны окружающей среды и борьбы с загрязнением, где в § 14 речь идет, в частности, о дорожных транспортных средствах.

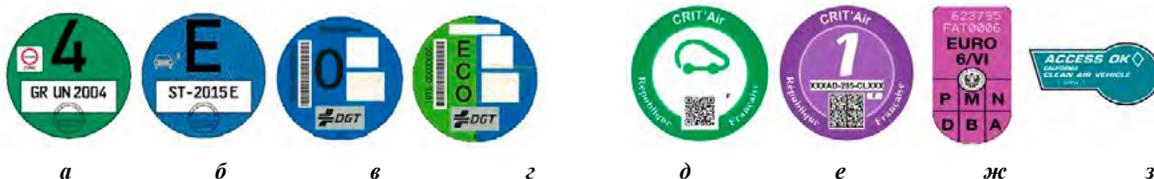


Рис. 5. Типы экологических наклеек: а, б — Германия; в, г — Испания; д, е — Франция; ж — Австрия; з — США. Источник: авторы исследования

транспортные средства, работающие на природном газе, водороде, электричестве, и подключаемые гибриды с запасом хода на электротяге не менее 50 км получают одну из шести наклеек — фиолетовую (рис. 5 ж). Такие же наклейки получают все ТС с экологическим классом Евро-6. Буквы P, M, N, D, B, A расположены отдельно в соответствии со стандартом Euro. «P» означает сажевый фильтр, «M» — класс транспортного средства M для пассажирских перевозок, «N» — класс транспортного средства N для грузовых перевозок, «D» — для автомобилей с дизельным двигателем, «B» — для автомобилей с бензиновым двигателем, «A» — для автомобилей с альтернативным двигателем.

В США в штате Калифорния с 2019 года [8] запустили новую систему идентификации по наклейкам Clean Air Vehicle (CAV) (рис. 5 з) для транспортных средств CAV. CAV — это

транспортное средство, которое выбрасывает значительно меньше загрязняющих веществ, чем традиционные автомобили с бензиновым или дизельным двигателем. Каждый год устанавливается новый цвет наклейки, а тип энергоустановки, попадающей под категорию CAV, зависит от конкретного района в штате. Например, в одном районе автомобиль с комбинированной энергоустановкой параллельного типа может получить такую наклейку, а в другом уже нет. Как правило, срок действия наклейки составляет три года, но истекает 1 января четвертого года от маркировки. Владелец автомобиля с такими наклейками получает ряд льгот, одна из которых — доступ на скоростную полосу carpool.

Стоит отметить, что система предоставления наклейки вариативна, так как у владельца ТС есть выбор — получить наклейку или потребительскую скидку через проект Clean Vehicle Rebate Project (CVRP).

Идентификация типа энергоустановки по наклейкам на номерных знаках внедрена только в Австралии (рис. 6) [8]. С 1 июля 2020 года электрические, гибридные и водородные ТС должны иметь утвержденную предупреждающую наклейку на номерном знаке, прикрепленную к передним

и задним номерным знакам, в противном случае эксплуатация ТС будет прекращена, а водитель получит штраф. Данные наклейки введены для повышения безопасности при эксплуатации, хранении и ликвидации ДТП с таким транспортными средствами.



Рис. 6. Идентификация источника энергии ТС в Австралии [17-18]

В 2018 году СТІФ (Международная Ассоциация служб спасения) и Euro NCAP в международном сотрудничестве с Swedish Institute for Standards (Шведский институт стандартов) в продолжение работ по систематизации карт спасения разработали стандарт ISO 17840-4 «Road vehicles — Information for first and second responders. Part 4: Propulsion energy identification», который предписывает размещение идентификационных наклеек (рис. 7) на кузове ТС различных категорий с целью информирования служб экстренного и оперативного реагирования о возможных опасностях при ликвидации последствий ДТП. Часть идентификационных наклеек, указанных в данном стандарте, уже применяется в Правилах ООН, с которыми гармонизирован ТР ТС 018/2011 — это Правила ООН № 67 и № 110 в отношении ТС категорий М2 и М3, использующих в качестве топлива сжиженный нефтяной газ (СНГ) или компримированный природный газ (КПГ) соответственно.

На 73-й сессии рабочей группы по пассивной безопасности ((WP.29/GRSP) Working Party on

Passive Safety (73rd session), проходившей 15–19 мая 2023 года, были представлены предложения по введению знаков идентификации для транспортных средств категорий М и N с тяговым электроприводом для включения в Правила ООН 100-4. В ходе обсуждений страны пришли к тому, что на данном этапе необходимость такой маркировки актуальна только для ТС категорий М2, М3, N2, N3. В июне 2024 года в рамках 193-й сессии World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (WP.29) [10] был представлен документ №ECE/TRANS/WP.29/2024/41 с правилами нанесения идентификационных наклеек для ТС с тяговым электроприводом, который был поддержан. Таким образом, маркировка источника энергии на грузовиках и автобусах с тяговым электроприводом (в том числе электробусах) при введении Правил ООН 100-4 с 1 сентября 2027 года будет обязательной.

В настоящее время такая маркировка уже применяется в Бельгии как на автобусах, так и на грузовых автомобилях.



Рис. 7. Типы идентификационных наклеек по ISO 17840-4: а — природный газ, б — электроэнергия, в — дизельное топливо, г — диметиловый эфир, д — водород и электроэнергия, е — бензин, ж — гидравлический аккумулятор на дизельном топливе, з — сжиженный природный газ, и — электроэнергия и дизель, к — сжиженный нефтяной газ

Источник: авторы исследования

Практика внедрения идентификационных наклеек в России поддержана ведущими институтами МЧС России: Всероссийским научно-исследовательским институтом по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, Всероссийским ордена «Знак Почета» научно-исследовательским институтом противопожарной обороны МЧС России (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), а также Государственным научным центром Российской Федерации ФГУП НАМИ и Пожарно-спасательным центром

Москвы. Разработанный в России в рамках совместных работ межгосударственный стандарт на основе ISO 17840-4 в виде идентичного ГОСТ ИСО 17840-4-2023 «Автомобильные транспортные средства. Информация для экстренных оперативных и аварийно-спасательных служб. Часть 4. Идентификация источника энергии, приводящего в движение транспортное средство» действует с июля 2024 года в следующих государствах: Армения, Беларусь, Киргизия, Россия, Таджикистан, Узбекистан.

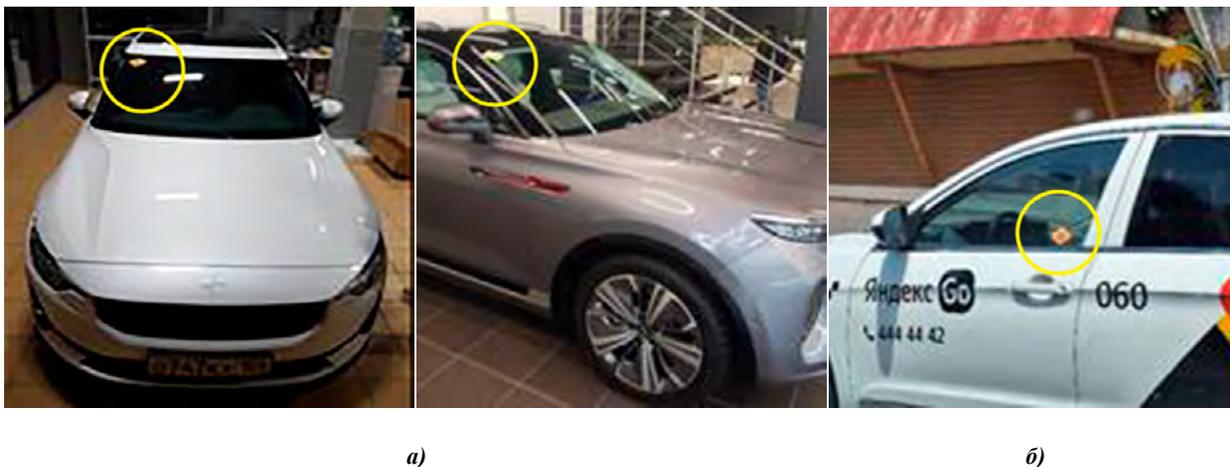


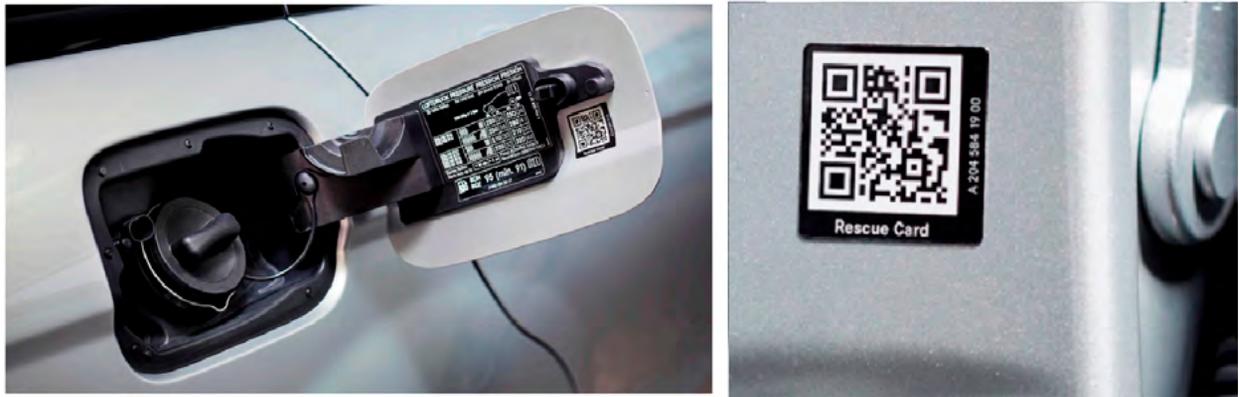
Рис. 8. Применение идентификационных наклеек на ТС категории М1 в России. Источник: авторы исследования

В 2023 году ФГУП «НАМИ» проводил эксперимент по добровольному внедрению идентификационных наклеек на транспортных средствах категории М1, при подготовке к которому были разработаны схемы размещения наклеек и предложены к использованию владельцам электромобилей и гибридов. Инициатива нашла отклик как среди владельцев, так и среди автосалонов, реализующих новые ТС с электроприводом (рис. 8). Стоит отметить большой вклад в развитие маркировки предприятия ООО «Моторинвест», которое самостоятельно разместило идентификационные наклейки в соответствии с ГОСТ Р 59127-2020 на выпускаемых в обращение электромобилях Evolute i-Pro (рис. 8 б).

Среди подходов к ликвидации последствий ДТП отмечается необходимость быстрого доступа к картам спасения [11]. Они представляют собой руководства по конкретной марке и модели ТС и учитывают все особенности конструкции и возможные риски. Такие документы, как правило, разрабатывает изготовитель ТС. Компания Mercedes-Benz инициативно ввела маркировку своих автомобилей

QR-кодами с целью предоставления службам экстренного и оперативного реагирования полной информации по способам и подходам к ликвидации последствий ДТП к конкретным моделям, разместив данные коды на внутренней стороне лючка топливного бака или зарядного разъема, а также на внутренней стороне стойки «В» с противоположной стороны (рис. 9). QR-код подписан «Rescue card», и при наведении на него камеры смартфона открывается ссылка с необходимой картой спасения и руководством по реагированию при чрезвычайных ситуациях (РСЧС), разработанных в соответствии с ISO 17840. На рис. 9 б приведен активный QR-код, при переходе по ссылке можете ознакомиться с содержанием документа для специалистов служб спасения.

Стандарты на разработку карт спасения и РСЧС, идентичные ISO 17840, действуют и в России с июля 2024 года, поэтому предоставление этих документов импортерами и автопроизводителями должно стать обязательным для получения документов по выпуску ТС в обращение на территории России.



а) б)
Рис. 9. Изображение QR-кода для служб экстренного реагирования [14]

В ходе исследования было установлено, что внедрение маркировки является очевидным шагом как в стимулировании спроса на экологически чистый транспорт, так и в вопросах повышения уровня безопасности при ликвидации последствий ДТП. При этом идентификация по ГРЗ требует большого количества изменений в действующих законодательных и нормативных документах, а также не является эффективной. Следовательно, такая практика может считаться неэффективной, в том числе потому, что в мире отсутствует какое-либо единое решение. Таким

Заключение

По итогам данной аналитической работы предлагается:

1. С целью оснащения наклейками транспортных средств, находящихся в эксплуатации, в соответствии с разработанными стандартами подготовить предложения по поправкам в Правила дорожного движения.
2. Подготовить официальное обращение в МВД России и Минпромторг с целью подготовки распоряжения Правительства Российской Федерации, которым будут вноситься изменения в Правила дорожного движения для обеспечения ввода данных наклеек в обращение.
3. Инициировать работы по созданию специали-

образом, высокую актуальность имеет маркировка по стандарту ISO 17840-4, поскольку ряд таких идентификаторов принят в странах Женевского соглашения, где действуют Правила ООН, в том числе и в России.

В различных регионах создаются приложения [12–13] по аккумулярованию карт спасения транспортных средств с различными источниками энергии, которые базируются на ISO 17840, следовательно, такой опыт необходимо перенять и в России, где насчитывается более 50 различных марок и 450 моделей электромобилей и гибридов.

зированного приложения для аккумулярования карт спасения и РСЧС по транспортным средствам с тяговым электроприводом, эксплуатируемым в Москве с целью отработки технологии наполнения базы и алгоритмов ее использования службами МЧС и иными подразделениями.

4. Провести эксперимент по маркировке ТС с тяговым электроприводом в соответствии с ГОСТ ИСО 17840-4-2023 на транспортных средствах с тяговым электроприводом, эксплуатируемым службами и подразделениями московского транспорта с целью популяризации электротранспорта и повышения безопасности при эксплуатации, хранении и ликвидации последствий ДТП.

Список литературы

1. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011), утвержденный решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 877.
2. В 2024 году в России было продано рекордное количество новых электромобилей [Электронный ресурс] <https://www.autostat.ru/news/59257/> (Дата обращения 20.01.2025).
3. (WP.29/GRSP) Рабочая группа по пассивной безопасности (71-я сессия). [Электронный ресурс]. Швейцария, 09–13 мая 2022 г. URL: <https://unece.org/info/events/event/364979> (Дата обращения: 26.01.2025).
4. Request your environmental sticker for Germany here. [Электронный ресурс] <https://www.umwelt-plakette.de/en/> (Дата обращения 20.01.2025).
5. Distintivo ambiental [Электронный ресурс] <https://www.dgt.es/nuestros-servicios/tu-vehiculo/tus-vehiculos/distintivo-ambiental/> <https://www.autostat.ru/news/59257/> (Дата обращения 25.01.2025).
6. Commander votre vignette Crit'Air sur le site officiel [Электронный ресурс] <https://certificat-air.gouv.fr/> (Дата обращения 25.01.2025).
7. Environmental sticker Austria (Umwelt-Pickerl) [Электронный ресурс] <https://www.umwelt-pickerl.at/en/products/environmental-sticker-austria/> (Дата обращения 25.01.2025).
8. Clean Air Vehicle Decals [Электронный ресурс] <https://www.dmv.ca.gov/portal/vehicle-registration/license-plates-decals-and-placards/clean-air-vehicle-decals-for-using-carpool-lanes/> (Дата обращения 25.01.2025).
9. Number plate warning labels are a must to pass inspection [Электронный ресурс] <https://www.iame.com.au/number-plate-warning-labels-are-a-must-to-pass-inspection> (Дата обращения 25.01.2025).
10. (WP.29) World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (193rd session) [Электронный ресурс] <https://unece.org/info/events/event/389187> (Дата обращения 25.01.2025).
11. Вопросы безопасности эксплуатации и ликвидации последствий ДТП транспортных средств с высоковольтными компонентами / А. Ф. Колбасов, Д. В. Ендачев, И. А. Ольховский, О. В. Двоенко // Форум инновационных транспортных технологий, наземные интеллектуальные транспортные средства и системы: Объединенный международный онлайн форум, Москва, 14—15 октября 2020 года. — Москва: Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ», 2020. — С. 1534–1544. — EDN VAANJW.
12. Euro NCAP запускает «Euro Rescue»: бесплатную загружаемую информацию о спасательных операциях для спасателей // URL: <https://www.euroncap.com/en/about-euro-ncap/timeline/euro-ncap-launches-euro-rescue-free-downloadable-rescue-information-for-first-responders> (дата обращения 10.09.2024).
13. Приложение ANCAP Rescue // URL: <https://www.ancap.com.au/ancap-rescue-app> (дата обращения 10.09.2024).
14. Available at: <https://rk.mb-qr.com/ru/204.2/> (accessed: 01.04.2025).
15. Available at: https://cs9.pikabu.ru/post_img/2016/10/14/6/1476432037191485024.jpg.
16. Available at: <https://www.zr.ru/content/news/916082-kamery-fiksatsii-snova-glyuchit/>.
17. Available at: <https://www.aeva.asn.au/forms/ev-licence-plate-tag-1/> (accessed: 24.03.2025)/.
18. Available at: <https://www.nsw.gov.au/> (accessed: 31.03.2025).
19. Available at: <http://xautoworld.com/tesla/model3-crash-proves-safety/#lg=1&slide=0> (accessed: 06.04.2025).
20. Available at: https://www.teslarati.com/tesla-model-3-high-speed-crash-scratch-free-video/?__twitter_impression=true/ (accessed: 07.04.2025).
21. Available at: <https://www.carexpert.com.au/car-news/why-electric-vehicles-are-being-written-off-over-minor-battery-damage> (accessed: 06.04.2025).

References

1. Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti kolesnykh transportnykh sredstv» (TR TS 018/2011), utverzhdenyy Resheniyem Komissii Tamozhennogo soyuza ot 9 dekabrya 2011 g. № 877 [Technical Regulation of the Customs Union «On the Safety of Wheeled Vehicles» (TR CU 018/2011), approved by the Decision of the Customs Union Commission of December 9, 2011 № 877].
2. V 2024 godu v Rossii bylo prodano rekordnoye kolichestvo novykh elektromobiley [In 2024, a record number of new electric vehicles were sold in Russia] [Electronic resource] <https://www.autostat.ru/news/59257/> (Accessed 20.01.2025).
3. (WP.29/GRSP) Rabochaya gruppya po passivnoy bezopasnosti (71-ya sessiya) [(WP.29/GRSP) Working Group on Passive Safety (71st session)]. [Electronic resource]. Switzerland, 9–13 May 2022. URL: <https://unece.org/info/events/event/364979> (Accessed: 26.01.2025).
4. Request your environmental sticker for Germany here. [Electronic resource] <https://www.umwelt-plakette.de/en/> (Accessed 20.01.2025).
5. Distintivo ambiental [Environmental badge] [Electronic resource] <https://www.dgt.es/nuestros-servicios/tu-vehiculo/tus-vehiculos/distintivo-ambiental/> <https://www.autostat.ru/news/59257/> (Accessed 25.01.2025).
6. Commander votre vignette Crit'Air sur le site official [Order your Crit'Air sticker on the official website] [Electronic resource] <https://certificat-air.gouv.fr/> (Accessed 25.01.2025).
7. Environmental sticker Austria (Umwelt-Pickerl) [Electronic resource] <https://www.umwelt-pickerl.at/en/products/environmental-sticker-austria> (Accessed 25.01.2025).
8. Clean Air Vehicle Decals [Electronic resource] <https://www.dmv.ca.gov/portal/vehicle-registration/license-plates-decals-and-placards/clean-air-vehicle-decals-for-using-carpool-lanes/> (Accessed 25.01.2025).
9. Number plate warning labels are a must to pass inspection [Electronic resource] <https://www.iamc.com.au/number-plate-warning-labels-are-a-must-to-pass-inspection> (Accessed 25.01.2025).
10. (WP.29) World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (193rd session) [Electronic resource] <https://unece.org/info/events/event/389187> (Accessed 25.01.2025).
11. Kolbasov A. F., Endachev D. V., Ol'khovskiy I. A., Dvoyenko O. V. Voprosy bezopasnosti ekspluatatsii i likvidatsii posledstviy DTP transportnykh sredstv s vysokovol'tnymi komponentami [Issues of operational safety and elimination of consequences of road accidents involving vehicles with high-voltage components]. Forum innovatsionnykh transportnykh tekhnologiy, nazemnyye intellektual'nyye transportnyye sredstva i sistemy: Ob«yedinonnyy mezhdunarodnyy onlayn forum, Moskva, 14–15 oktyabrya 2020 goda [Forum of Innovative Transport Technologies, Ground Intelligent Vehicles and Systems: Joint International Online Forum, Moscow, October 14–15, 2020]. Moscow: Tsentral'nyy ordena Trudovogo Krasnogo Znameni nauchno-issledovatel'skiy avtomobil'nyy i avtomotomyy institut «NAMI» [Moscow: Central Order of the Red Banner of Labor Automobile and Automotive Research Institute «NAMI»], — 2020. - pp. 1534–1544. — EDN VAANJW.
12. Euro NCAP zapuskayet «Euro Rescue»: besplatnuyu zagruzhaemyyu informatsiyu o spasatel'nykh operatsiyakh dlya spasateley [Euro NCAP launches «Euro Rescue»: free downloadable rescue information for first responders]. URL: <https://www.euroncap.com/en/about-euro-ncap/timeline/euro-ncap-launches-euro-rescue-free-downloadable-rescue-information-for-first-responders> (accessed 10.09.2024).
13. Prilozheniye ANCAP Rescue [ANCAP Rescue Application]. URL: <https://www.ancap.com.au/ancap-rescue-app> (accessed 10.09.2024).
14. Available at: <https://rk.mb-qr.com/ru/204.2/> (accessed: 01.04.2025).
15. Available at: https://cs9.pikabu.ru/post_img/2016/10/14/6/1476432037191485024.jpg.
16. Available at: <https://www.zr.ru/content/news/916082-kamery-fiksatsii-snova-glyuchit/>.
17. Available at: <https://www.aeva.asn.au/forms/ev-licence-plate-tag-1/> (accessed: 24.03.2025).
18. Available at: <https://www.nsw.gov.au/> (accessed: 31.03.2025).
19. Available at: <http://xautoworld.com/tesla/model3-crash-proves-safety/#lg=1&slide=0> (accessed: 06.04.2025).
20. Available at: https://www.teslarati.com/tesla-model-3-high-speed-crash-scratch-free-video/?__twitter_impression=true/ (accessed: 07.04.2025).
21. Available at: <https://www.carexpert.com.au/car-news/why-electric-vehicles-are-being-written-off-over-minor-battery-damage> (accessed: 06.04.2025).

Сведения об авторах	Information about the authors
<p>Хайретдинова Алина Ринатовна директор дирекции по развитию электротранспортных средств ГУП «Московский метрополитен» Адрес: ГУП «Московский метрополитен», 129110, г. Москва, пр-т Мира, д. 41, стр. 2 ORCID: 0009-0004-7931-6872 E-mail: KhayretdinovaAR2@transport.mos.ru</p>	<p>Khayretdinova Alina Rinatovna Director of Electric Vehicle Development State Unitary Enterprise «Moscow Metro» Address: SUE «Moscow Metro», 129110, Moscow, Prospekt Mira, 41, building 2 ORCID: 0009-0004-7931-6872 E-mail: KhayretdinovaAR2@transport.mos.ru</p>
<p>Колбасов Алексей Федорович кандидат технических наук, начальник отдела лабораторных испытаний и сертификации. Дирекция по развитию электротранспортных средств ГУП «Московский метрополитен» Адрес: ГУП «Московский метрополитен», 129110, г. Москва, пр-т Мира, д. 41, стр. 2 SPIN-код: 1846-1751 AuthorID: 798594 ORCID: 0000-0001-5259-50-59 E-mail: kolbasovAF1@transport.mos.ru</p>	<p>Kolbasov Alexey Fedorovich Candidate of Technical Sciences Sciences (Ph.D. in Engineering), Director of Laboratory Testing and Certification Department. Directorate of Electric Vehicle Development SUE «Moscow Metro» Address: SUE «Moscow Metro», 129110, Moscow, Prospekt Mira, 41, building 2 SPIN-code: 1846-1751 AuthorID: 798594 ORCID: 0000-0001-5259-50-59 E-mail: kolbasovAF1@transport.mos.ru</p>

РЕГУЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КУРЬЕРСКИХ СЕРВИСОВ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

И. Е. Михеева

О. Ф. Засемкова

Московский государственный юридический университет имени О. Е. Кутафина (МГЮА)

Аннотация. Одним из наиболее перспективных направлений сферы услуг является отрасль курьерской доставки. Особенной популярностью пользуется доставка, осуществляемая курьерами на велосипедах с электродвигателем и средствах индивидуальной мобильности. Стремясь доставить заказ в установленный срок, они часто нарушают правила дорожного движения и создают угрозу безопасности как для транспорта, так и для пешеходов. Как следствие, объектом настоящего исследования выступают общественные отношения, возникающие в процессе обеспечения безопасности деятельности курьеров и курьерских компаний.

Ключевые слова: курьер, курьерская компания, курьерская доставка, безопасность, правила дорожного движения, правонарушение, техника безопасности, дорожно-транспортное происшествие, велосипед с электродвигателем, средство индивидуальной мобильности.

REGULATION OF COURIER SERVICE ACTIVITIES AS A FACTOR OF IMPROVING TRAFFIC SAFETY

I. E. Mikheeva

O. F. Zasemkova

Kutafin Moscow State Law University (MSAL)

Abstract. One of the most promising sectors within the service industry is the courier delivery sector. Delivery services provided by couriers using electric bicycles and personal mobility devices have gained particular popularity. In their efforts to deliver orders within the established timeframe, couriers frequently violate traffic regulations and pose safety threats to both vehicular traffic and pedestrians. Consequently, the object of this research comprises the social relations that emerge in the process of ensuring the safety of courier activities and courier company operations.

Keywords: courier, courier company, courier delivery, safety, traffic regulations, violation, safety procedures, traffic accident, electric bicycle, personal mobility device.

Введение

Объект исследования и его актуальность. Интенсивное развитие онлайн-торговли, появление новых коммуникационных каналов сбыта, трансформация торговой инфраструктуры, в том числе создание дарксторов (от англ. dark store — «темный склад», склад для работы с онлайн-заказами и быстрой доставки товаров покупателям) стали предпосылкой широкого распространения услуг доставки в крупных городах России. Каждый день в курьерские службы обращаются множест-

во граждан и компаний. При этом действующее гражданское законодательство не содержит специальных положений, направленных на регулирование деятельности курьеров и курьерских служб. В этой связи на практике возникает множество проблем, которые обсуждаются в литературе. Отметим некоторые из них.

Ключевой проблемой курьерской доставки считается массовое нарушение курьерами правил дорожного движения и создание, таким образом,

угрозы безопасности как для транспорта, так и для пешеходов [1]. Как отмечается в зарубежной научной литературе, основными причинами таких нарушений являются: высокий спрос на быструю доставку [2], установление оплаты труда курьеров в зависимости от количества доставок [3], а также тот факт, что большинство курьерских компаний и онлайн-платформ считают клиента более ценным, чем курьера, который может быть легко заменен другим [4]. Существование указанных проблем отмечают и авторы отчета Центра охраны труда и техники безопасности Нового Южного Уэльса [5].

В качестве еще одной проблемы, способствующей нарушению курьерами правил дорожного движения, зарубежные ученые П. Сан и З. Чен называют то, что система, рассчитывающая время доставки, часто сокращает его (например, ввиду игнорирования ситуации на дороге, аварий, пробок) в целях повышения эффективности труда работников [4]. При этом неспособность доставить заказ вовремя ведет к снижению оплаты труда курьеров. Как следствие, большинство курьеров продолжают осуществлять доставку, несмотря на то, что они настолько устали, что понимают, что это становится небезопасным.

Ряд авторов отмечают несоблюдение курьерами правил техники безопасности в качестве важного фактора, влияющего на фактические результаты в области безопасности [6]. Указываются также неблагоприятные факторы производственной среды и трудового процесса курьеров, негативно влияющие на качество продукта труда, общее состояние здоровья работников [7].

Еще одной выделяемой исследователями проблемой в сфере доставки является обеспечение сохранности доставляемого курьерами груза. Как пишет В. М. Кутузов, деятельность персонала, который выполняет операции с материальными ценностями и грузом, важно тщательно контролировать. В особенности это относится к курьерам, поскольку они ответственны за сохранение товара, средств [8].

В качестве важной проблемы авторы также считают неопределенность отношений между

курьерами и организаторами доставки [9], что не позволяет определить лицо, ответственное перед потерпевшим. Современное российское трудовое законодательство в части понятия трудовых отношений фактически не адаптировано к регулированию труда через онлайн-платформы [10].

Помимо пробелов на законодательном уровне, судебная практика урегулирования споров, связанных с безопасностью деятельности курьеров и курьерских компаний, также не сформирована, и поэтому требуется проведение исследования возникающих при оказании курьерских услуг общественных отношений.

Оформление курьерских услуг опосредуется множеством различных по своей правовой природе договоров, в этой связи для определения ответственных лиц перед потерпевшими немаловажным также является определение структуры договорных связей, возникающих в связи с оказанием услуг по курьерской доставке в условиях развития цифровой платформенной экономики.

Объект исследования: безопасность общественных отношений, возникающих при осуществлении деятельности курьеров и курьерских служб.

Актуальность исследования объясняется тем, что отрасль курьерской доставки является одним из наиболее перспективных направлений сферы услуг в стране. По данным исследования, проведенного «Авито. Услуги», в 2024 году спрос на услуги курьеров вырос более чем в 2 раза, а число занятых в сфере курьерской доставки превысило 1,2 млн человек (из них в Москве на текущий момент работает около 100 тыс. курьеров), и их число ежегодно увеличивается на 10–15%.

Особой популярностью пользуются курьеры, передвигающиеся на автомобилях и иных транспортных средствах (велосипедах с электродвигателем и средствах индивидуальной мобильности (СИМ)). Спрос на них по итогам 2024 года вырос в 2 раза (+99%), а количество предложений в данной категории — почти в 3,5 раза (+244% по сравнению с 2023 г.) [11]. Каждый шестой россиянин имеет опыт работы курьером.

Обзор литературы

Оценка современного состояния решаемой научно-технической проблемы. Поскольку тема курьерской деятельности представляет повышенный интерес, в России проводятся различные исследования, посвященные изучению данного направления. Можно выделить следующие основные научные проблемы в сфере курьерских услуг, исследуемые учеными: вопросы

трудового права рассматривали Е. А. Учайкина «Защита трудовых прав курьеров, работающих на основе интернет-платформ» [12]; М. Кузина «Платформенная занятость. Закона нет, работа есть?» [13]; Н. Л. Лютов, И. В. Войтковская «Водители такси, выполняющие работу через онлайн-платформы: каковы правовые последствия «уберизации» труда?» [10], О. Турбина «Нужно ли

проходить медосмотры курьерам организации, выполняющим свою работу как на своем, так и на служебном автомобиле?» [14].

Вопросы использования средств индивидуальной мобильности изучал А. И. Трусов «Некоторые проблемы правового регулирования эксплуатации средств индивидуальной мобильности» [15]. Вопросам административной ответственности посвящена научная статья Е. Г. Капустина «Административно-правовой статус отдельных субъектов административно-правовых отношений в сфере безопасности дорожного движения» [16]. Вопросы организации безопасности исследовались О. Н. Томаровщенко «Организация безопасного выполнения работ сотрудников курьерской службы» [17]. Правовые аспекты онлайн-торговли изучались Е. Д. Суворовым в работе «Некоторые проблемы электронной торговли: к вопросу об ответственности владельцев агрегаторов перед потребителями» [18], а также А. А. Богустовым, О. Н. Гороховой, Д. А. Доротенко в сборнике «E-commerce и взаимосвязанные области (правовое регулирование)» [19].

Однако все эти работы посвящены тем или иным узким правовым вопросам, связанным с организацией курьерской доставки, и поэтому не раскрывают все необходимые для выработки общих, единых подходов к регулированию деятельности курьеров и курьерских служб.

Метод

Методологическую основу исследования составили общенаучные и специальные методы научного познания, в том числе методы системно-структурного, логического, сравнительного

Результаты и обсуждение

В условиях перегруженных городских районов велокурьеры зарекомендовали себя как быстрые и надежные, способные быстро перемещаться из одного места в другое в городе, доставляя и транспортируя товары, иное имущество небольшого объема или веса.

Вместе с тем отсутствие специального регулирования курьерской деятельности, а также концепции правового регулирования не позволяет комплексно развивать курьерскую деятельность, определять ее особый правовой режим и эффективно воздействовать на организаторов курьерской доставки и курьеров с целью предотвращения совершения ими правонарушений.

Статистика свидетельствует о росте правонарушений в сфере курьерской доставки. Так, за 9 месяцев 2024 года зарегистрировано 920 дорожно-транспортных происшествий (да-

Комплексных исследований, посвященных разным правовым аспектам организации курьерской деятельности, в том числе исследующих вопросы безопасности с учетом использования современных цифровых технологий, не проводилось.

Целью исследования являются анализ и выявление пробелов правового регулирования безопасности курьерской деятельности и выработка предложений по совершенствованию действующего законодательства.

В настоящий момент в российском праве отсутствует определенность в решении ряда вопросов, связанных с организацией курьерской доставки: отсутствует определенность в договорных конструкциях, которые могут использоваться при организации доставки, в частности, в договорных отношениях между владельцем онлайн-платформы (агрегатора) и курьером; не решены вопросы идентификации курьеров, в частности биометрической идентификации, что не позволяет наладить достаточный контроль за соответствием курьера необходимым требованиям и прозрачности его «личности»; отсутствуют обязательные нормативные требования к периодической проверке здоровья (медицинскому осмотру) курьеров; отсутствует минимальный размер оплаты труда курьеров, работающих через онлайн-платформы (агрегаторы); нет требований ко времени доставки.

анализа, метод социологических исследований, статистический и формально-юридический методы.

лее — ДТП) с участием велосипедов с электродвигателем. Из них 395 аварий (42,9%) пришлось на работников сервисов доставки, в результате чего погибли 5 человек, ранены 402 человека [20]. Наиболее распространенным ДТП с участием курьеров является наезд автомобиля на курьера, передвигающегося на велосипеде с электродвигателем или средстве индивидуальной мобильности (около 95% всех ДТП с участием таких транспортных средств), обусловленный плохой видимостью соответствующего лица в темное время суток и в условиях плохой видимости.

Еще более показательна статистика Госавтоинспекции, сотрудники которой только за один рейд выявили более 2,4 тыс. нарушений Правил дорожного движения, совершенных курьерами на велосипедах с электродвигателем, электро-самокатах и других средствах индивидуальной

мобильности. Из них более 500 случаев пришлось на нарушения правил движения по тротуарам [21].

Основными причинами дорожно-транспортных происшествий с участием курьеров на электровелосипедах и средствах индивидуальной мобильности являются:

- несоблюдение установленного скоростного режима движения;
- выезд на полосу встречного движения;
- нарушение правил проезда перекрестков;
- маневрирование в пешеходной зоне и на проезжей части.

Аналогичная ситуация складывается и в других странах. Так, согласно исследованию, проведенному в Южной Корее, 87,1% ДТП с участием курьеров, передвигающихся на мотоциклах и иных транспортных средствах (не считая автомобилей), произошло ввиду нарушения ими правил дорожного движения, таких как превышение скорости, пересечение перекрестка на красный свет, движение по встречной полосе движения и использование мобильных телефонов во время езды [22]. При этом большая часть нарушений происходит в ночное время (79,5%) [23].

В большинстве случаев курьеры недостаточно осознают свою ответственность перед участниками дорожного движения, обладают острой нехваткой знаний правил передвижения по городу и возможной ответственности за их нарушение. В итоге они считают нарушение правил дорожного движения действенным способом увеличения скорости доставки заказов, и, как следствие, роста их заработной платы [24].

Основными причинами роста правонарушений курьерской доставки являются следующие факторы.

Использование курьерами транспортных средств, создающих угрозу для пешеходов и других водителей.

Самым популярным среди курьеров средством передвижения, используемым для доставки товаров, как показало исследование, являются велосипеды (включая велосипеды с электродвигателем) и средства индивидуальной мобильности. Наибольшее развитие услуги курьерской доставки получили в городе федерального значения Москве.

Регулирование использования транспортных средств курьерами, ограничения в скорости.

В Российской Федерации одним из основных критериев классификации курьеров является способ их передвижения. На основе данного критерия курьеры могут быть классифицированы следующим образом: пешие курьеры; курьеры, передвигающиеся на СИМ; курьеры, передви-

гающиеся на велосипедах, включая велосипеды с электродвигателями (велокурьеров); курьеры, передвигающиеся на автомобилях.

В России отсутствуют правила дорожного движения, предназначенные специально для курьеров, использующих для передвижения транспортные средства. Как следствие, при движении они должны соблюдать правила дорожного движения и иные правила, установленные для соответствующей категории участников дорожного движения.

Основы правового регулирования безопасности дорожного движения в Российской Федерации. Согласно ст. 6 Федерального закона от 10.12.1995 № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения», формирование и проведение единой государственной политики в области обеспечения безопасности дорожного движения, установление правовых основ обеспечения безопасности дорожного движения и единой системы технических регламентов, правил, документов по стандартизации и других нормативных актов по вопросам обеспечения безопасности дорожного движения находятся в ведении Российской Федерации.

Проблема превышения скорости при осуществлении курьерами доставки товаров.

В условиях перегруженных городских районов велокурьеры зарекомендовали себя как быстрое и надежное мобильное средство, способное быстро перемещаться из одного места в другое в городе, доставляя и транспортируя почту, бандероли или грузы небольшого объема или веса [1].

При этом использование на электровелосипедах и СИМ моторов, дающих возможность передвигаться со скоростью, превышающей допустимую, влечет нарушение допустимого скоростного режима.

Превышение допустимой скорости курьеров, как правило, связано с короткими сроками, презентуемыми курьерскими службами с целью привлечения большего числа покупателей.

Иллюстрацией проблемы превышения курьерами скорости является случай, произошедший в марте 2024 года, где ввиду нарушения Правил дорожного движения спешащим доставить заказ велокурьером, произошло ДТП, в результате которого курьер погиб [25]. В другом случае велокурьер, решивший в нарушение Правил дорожного движения пересечь проезжую часть, не удостоверившись в безопасности движения, был сбит проезжающим автомобилем [26].

Проблема также отягощается преимущественным использованием курьерами личного транспорта, в котором применяются

моторы, позволяющие ездить со скоростью, выше нормативно установленной. Такие транспортные средства невозможно отследить, нормы же действующего законодательства не позволяют привлечь нарушителей к ответственности в случае, если они скрылись с места ДТП.

Так, в 2023 году курьер, передвигавшийся на электровелосипеде, насмерть сбил пешехода и, не оказав помощь пострадавшей, скрылся с места ДТП [27].

Правила дорожного движения содержат минимальные требования к техническим характеристикам велосипеда, оснащенного электродвигателем — электродвигатель мощностью до 250 Вт с предусмотренным отключением на скорости свыше 25 км/ч. Правила дорожного движения также закрепляют минимальные требования к весу средства индивидуальной мобильности, а также к допустимой скорости передвижения. Масса СИМ в предусмотренных для пешеходов местах не должна превышать 35 кг. Движение на средстве индивидуальной мобильности разрешается со скоростью не более 25 км/ч. Если движение лица, использующего для передвижения средство индивидуальной мобильности, по тротуару, пешеходной дорожке, обочине или в пределах пешеходных зон (включая велосипедные дорожки, находящиеся в пешеходных зонах) подвергает опасности или создает помехи для движения пешеходов, то такое лицо должно спешиться или снизить скорость до скорости, не превышающей скорость движения пешеходов. Во всех случаях совмещенного с пешеходами движения лиц, использующих для передвижения средства индивидуальной мобильности, пешеходы имеют приоритет (п. 24.6 ПДД).

Вместе с тем в отдельных зарубежных государствах предусмотрены иные требования к скоростным ограничениям. В частности, в Новой Зеландии и Испании скоростной режим для электровелосипедов и средств индивидуальной мобильности в предусмотренных для пешеходов местах установлен в размере 10 км/ч, а во Франции и Бельгии еще ниже: 6–8 км/ч. За снижение пороговых значений развиваемой электровелосипедами и средствами индивидуальной мобильности скорости выступают авторы, считающие такие технические средства ограниченными в показателях маневренности, что существенно повышает вероятность потери управления, а значит, и возможность аварийности [28].

С учетом нормативно установленного ограничения скорости для средств индивидуальной мобильности целесообразным может рассматриваться допуск в продажу только тех средств инди-

видуальной мобильности, которые имеют заранее предустановленные ограничения скоростного режима до соответствующих максимальных пороговых значений передвижения средств индивидуальной мобильности, то есть до 25 км/ч. Такие ограничения можно установить конструктивно (снижение мощности) или с помощью программного обеспечения контроля скорости.

Требования к шлему и одежде для ношения в темное время суток с целью обеспечения безопасного передвижения на транспорте в пешеходной зоне для курьеров нормативно не закреплены.

Данный недостаток касается прежде всего ношения шлемов и специальных светоотражающих жилетов, которые могут использоваться курьерами при передвижении на электровелосипеде, средстве индивидуальной мобильности и пешком. Так, в случае использования курьерами для проезда проезжей части в темное время суток, курьер без светоотражающего жилета может быть не замечен водителем транспортного средства, что повлечет за собой ДТП. Иллюстрацией данной проблемы является ДТП, в ходе которого таксист вечером насмерть сбил велокурьера, одетого в темную одежду без световозвращающих элементов. При этом на велосипеде отсутствовали катафоты [29].

Вместе с тем на федеральном уровне фактически отсутствует законодательная позиция по вопросу использования водителями электровелосипедов и СИМ средств безопасности, нормы об использовании светоотражающих жилетов в населенном пункте носят рекомендательный характер (п. 24.10 ПДД). Представленная позиция законодателей делает затруднительной возможность положительной оценки допуска средства индивидуальной мобильности на проезжую часть дороги.

Необходимо отметить, что обязательные требования по оборудованию электровелосипедов и средств индивидуальной мобильности, выезжающих на проезжую часть дороги, предусмотрены и в зарубежных государствах (Германии, Франции, Австрии), но есть и свои особенности. Например, в Швейцарии предусмотрено обязательное наличие тормоза на оба колеса, один из которых должен быть фрикционным, в Японии средства индивидуальной мобильности должны быть оснащены указателями поворота, стоп-сигналом и зеркалом заднего вида. В США (штат Калифорния) разрешено движение средства индивидуальной мобильности только с использованием защитного шлема, а в Швеции, если возраст водителя средства индивидуальной мобильности менее 15 лет, то он обязан использовать шлем и наколенники [30].

Таким образом, на федеральном уровне необходимо предусмотреть обязательное ношение не только светоотражающих жилетов, но и облегченных шлемов работниками служб доставки.

Отсутствие обязательных нормативных требований к периодической проверке здоровья (медицинскому осмотру) курьеров, осуществляющих доставку с использованием транспортных средств (электровелосипедов и средств индивидуальной мобильности).

В случае использования курьерами служебных автомобилей, которые являются источником повышенной опасности, то проходить предрейсовые медицинские осмотры необходимо, так как фактически они выполняют еще и функцию водителя, если такая функция надлежащим образом оформлена [14]. Однако при использовании личного автомобиля, электровелосипедов и СИМ такие правила не установлены.

Кроме того, существуют риски, связанные с переутомлением и перенапряжением курьеров, что может привести к ослаблению их внимания, в том числе при движении по проезжей части, и, как следствие, стать причиной ДТП. Существование такой проблемы отмечается и в зарубежной научной литературе (например, Д. да Силва, С. Андраде, Д. Суарес и др.) [31]. Указанная проблема может быть проиллюстрирована печальным опытом города Санкт-Петербурга, где в апреле 2019 года велокурьер сервиса «Яндекс. Еда», работавший более 10 часов без перерыва, умер от сердечного приступа, вызванного переутомлением, прямо в ходе доставки заказа [32].

Таким образом, необходимо предусмотреть допуск курьеров к работе не только после регистрации последнего в соответствующих информационных системах и прохождения тестирования на знание правил дорожного движения, фотоконтроля курьера, но и медицинского осмотра.

Отсутствуют требования к проверке технического состояния транспортных средств, используемых курьерскими службами.

Это не способствует обеспечению безопасности дорожного движения, а использование технически неисправного ТС может стать причиной ДТП.

На практике ведущие компании самостоятельно внедряют сервис по технической проверке транспорта курьеров. Так, начиная с 2022 года в пунктах выдачи заказов «Яндекс. Маркета» [33] курьеры могут бесплатно получить аптечку или инструменты, например при травме или поломке велосипеда. В обновленных ПВЗ доступны насосы, отвертки, гаечные ключи, а также лейкопластыри, бинты и антисептики.

С целью обеспечения безопасности требуется повсеместный контроль за транспортными средствами курьеров. Одним из важных инструментов является усиление административной и уголовной ответственности за допущенные курьерами и курьерскими компаниями ответственности.

В контексте развития сети курьерских служб актуальным остается вопрос о привлечении курьера-водителя электровелосипеда и средства индивидуальной мобильности к административной или уголовной ответственности в случае нарушения норм действующего законодательства Российской Федерации.

В настоящее время в Российской Федерации начала складываться судебная практика, связанная с разрешением деликтов с участием средств индивидуальной мобильности. Так, Верховным судом РФ 30.03.2022 года отказано в удовлетворении иска об оспаривании положений Правил дорожного движения, которыми установлены понятия «механическое транспортное средство», «пешеход» и «транспортное средство» (абзацы 17, 38 и 55 пункта 1.2 ПДД), тем самым суд признал законность названных положений ПДД. Истец, в свою очередь, путем оспаривания положений ПДД пытался доказать невиновность в дорожно-транспортном происшествии, в котором погиб человек, управлявший электросамокатом [34].

Анализ международного законодательства позволяет утверждать, что большинство зарубежных государств идут по пути регулирования общественных отношений в сфере использования средств индивидуальной мобильности (в том числе курьерами и курьерскими службами), избирая различную терминологию. При этом регулирование на федеральном уровне предусмотрено в семи государствах: Швеции, Испании, Швейцарии, Японии, Австрии, Германии, Франции. В трех из них федеральное регулирование сочетается с различными позициями местных властей на муниципальном уровне (Испания, Австрия, Франция), и лишь в одном государстве использование средств индивидуальной мобильности предусмотрено для лиц с ограниченными возможностями — Швейцарии. Только муниципальное регулирование местной властью предусмотрено в двух государствах, США и Канаде. Исключительную позицию по запрету использования средств индивидуальной мобильности избрали такие крупные города, как Джакарта Республики Индонезия, Шанхай Китайской Народной Республики.

Курьерские службы городских агломераций активно используют современные СИМ, поскольку это высокоскоростной и экологичный

вид передвижения, снижающий загруженность городских дорог и способствующий доставке большего числа товаров и посылок. Принятие унифицированных правил к использованию курьерами велосипедов с электродвигателем и средств индивидуальной мобильности для доставки на территории отдельного субъекта представляется значительным продвижением в части обеспечения безопасности доставки товаров курьерами и курьерскими службами, в том числе обеспечения безопасности дорожного движения.

В данном контексте необходимо обратить внимание на следующие направления совершенствования нормативного регулирования в указанной сфере:

1. Предусмотреть в обязательном порядке прохождение курьерами, использующими при доставке велосипедов с электродвигателем и средств индивидуальной мобильности, тестов на знание ПДД, а в дальнейшем упрощенных прав. Об эффективности указанной меры свидетельствует анализ зарубежного опыта, например Австралии и Бразилии), где обучение курьеров ПДД, использованию средств индивидуальной защиты и информирование их об ответственности за нарушение указанных правил, позволило существенно снизить число нарушений [35].
2. Допуск в продажу только тех велосипедов с электродвигателем и средств индивидуальной мобильности, которые имеют заранее предустановленные ограничения скоростного режима до соответствующих максимальных пороговых значений передвижения средств индивидуальной мобильности, то есть до 25 км/ч. Такие ограничения можно установить конструктивно (снижение мощности, требования к ввозу в Россию из других стран или требования к заводу-изготовителю) или с помощью программного обеспечения контроля скорости.

Заключение

1. Проведенный анализ показал, что платформенная занятость как основа деятельности курьеров, использующих специальный налоговый режим, влечет ограничение социальных прав указанной категории граждан. Курьеры, работающие через онлайн-платформы, лишены ключевых социальных прав, закрепленных в действующем законодательстве для работников. Представляется, что именно данная тема является наиболее перспективной для дальнейших исследований курьерской деятельности.
2. Осознавая необходимость упорядочивания деятельности курьерских компаний и курье-

3. Введение обязательного периодического медицинского осмотра, в том числе удаленного, работников служб доставки, которые используют транспортные средства для доставки товара. С учетом специфики профессиональной деятельности такой медицинский осмотр должен осуществляться удаленно, с использованием цифровых сервисов.
4. Для учета рабочего времени курьера, а также оценки состояния транспортного средства целесообразно введение электронного путевого листа, который будет являться подтверждением факта допуска курьера к работе с использованием транспортного средства.
5. Необходимо предусмотреть требование о периодических осмотрах транспортных средств курьеров (электровелосипедов и средств индивидуальной мобильности) со стороны курьерской компании, либо обязательство о проведении такого осмотра самим работником службы доставки в соответствующих сервисных центрах в случае, если речь идет о личном транспорте.

По результатам проведенного исследования был сделан вывод, что действующие нормативные правовые акты федерального уровня и уровня субъекта Российской Федерации — города Москвы практически не содержат специальных правил регулирования деятельности курьеров и курьерских компаний.

Опыт зарубежных стран показал, что наибольшее количество ДТП имеет место в странах, где в городах отсутствует инфраструктура для приема велосипедистов; водители недостаточно осведомлены о необходимости делить дорогу с велосипедистами; не проводятся информационные кампании.

ров, использующих для передвижения велосипеды, включая велосипеды с электродвигателем, и СИМ, была выработана комплексная система мер, направленных на регулирование деятельности курьерских компаний, об усовершенствовании действующего законодательства:

- необходимо введение единообразного понятийного аппарата в сфере курьерских услуг (определение понятий «курьер», «курьерская компания», «доставка»);
- ограничить возможность нарушения скоростного режима при доставке путем

установления требований не только в отношении курьеров, но и курьерских компаний для повышения безопасности дорожного движения с участием курьеров; – необходимо введение требований к обязательной идентификации курьеров и их транспортных средств, сбору данных о поездках курьеров, к внешнему виду курьеров, их транспортным средствам, использованию номеров на транспортных средствах, прохождению медицинского осмотра курьерами.

3. Выявлены пробелы и недостатки действующего правового регулирования деятельности курьерских компаний.

Проведенное исследование содержит решение ключевых правовых аспектов курьерской деятельности.

Результаты проведенного исследования могут быть использованы при разработке изменений в действующее законодательство Российской Федерации (федеральное и города Москвы) по совершенствованию правового регулирования деятельности курьеров и курьерских служб.

Это позволило выработать концепцию правового регулирования деятельности курьерских компаний, а также разработать законопроекты и подзаконные акты, регулирующие деятельность курьерских компаний, что позволит обеспечить безопасность дорожного движения и социальную безопасность в городе Москве.

Список литературы

1. Чаннов С. Е. Зарубежный опыт обеспечения безопасности дорожного движения при использовании курьерами велосипедов с электродвигателями / С. Е. Чаннов, М. Б. Добробаба // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2024. № 3. — С. 157–162.
2. He Y., Sun Ch., Chang F. The road safety and risky behavior analysis of delivery vehicle drivers in China // *Accident Analysis & Prevention*. May 2023. Volume 184. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000145752300060X>.
3. Elfering A., Grebner S., Ebener C. Workflow interruptions, cognitive failure and near-accidents in health care // *Psychol Health Med.* — 2015. Volume 20 (2). — pp. 139–147.
4. Sun P. Your Order, Their Labor: An Exploration of Algorithms and Laboring on Food Delivery Platforms in China // *Chinese Journal of Communication*. — 2019. Volume 12. № 3. — pp. 308–323.
5. Work health and safety of food delivery workers in the gig economy. NSW Government. 2020. — URL: https://www.centreforwhs.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0007/932677/Work-health-and-safety-of-food-delivery-workers-in-the-gig-economy..pdf.
6. The impact of job demands and job resources on the driving behavior of food delivery riders in Vietnam / M. X. Nhat, H. N. Linh, T. D. Minh, N. Ph. Q. Duy // *Science Journal of Transportation*. — 2024. — № 2 (18). — pp. 23–41.
7. Ильин С. М. Охрана труда курьеров как направление устойчивого развития почтового оператора России / С. М. Ильин, Н. А. Самарская, С. В. Симанович // *Экономика труда*. — 2024. — Т. 11, № 1. — С. 77–90.
8. Кутузов В. М. Оптимизация управления курьерами/экспедиторами через интеграцию CRM систем / В. М. Кутузов // *Вопросы устойчивого развития общества*. — 2022. — № 4. — С. 1470–1472.
9. Лисицына М. Признание трудовых отношений в суде: споры 2022 г. // *Трудовое право*. — 2022. — № 11. — С. 31–38.
10. Лютов Н. Л., Войтковская И. В. Водители такси, выполняющие работу через онлайн-платформы: каковы правовые последствия «уберизации» труда? // *Актуальные проблемы российского права*. — 2020. — № 6. — С. 149–159.
11. В 2024 году спрос на курьеров вырос в два раза. — URL: <https://www.retail.ru/news/v-2024-godu-spros-na-kurerov-vyros-v-dva-raza-2-aprelya-2024-239377/>.
12. Учайкина Е. А. Защита трудовых прав курьеров, работающих на основе интернет-платформ // *Право и правосудие в современном мире: актуальные проблемы гражданского, гражданского процессуального и трудового права: Сборник научных статей молодых исследователей / Верховный Суд Российской Федерации; Северо-Западный филиал ФГБОУВО «Российский государственный университет правосудия»*. Санкт-Петербург: Центр научно-производственных технологий «Астерион». — 2020. — С. 490–494.
13. Кузина М. Платформенная занятость. Закона нет, работа есть? // *Трудовое право*. — 2021. — № 12. — С. 11–21.
14. Турбина О. Нужно ли проходить медосмотры курьерам организации, выполняющим свою работу как на своем, так и на служебном автомобиле? // *ЭЖ-Бухгалтер*. — 2023. — № 33. — С. 6.

15. Трусов А. И. Некоторые проблемы правового регулирования эксплуатации средств индивидуальной мобильности // Юрист. — 2023. — № 10. — С. 62–66.
16. Капустина Е. Г. Административно-правовой статус отдельных субъектов административно-правовых отношений в сфере безопасности дорожного движения // Закон и право. — 2020. — № 2. — С. 174–176.
17. Томаровщенко О. Н. Организация безопасного выполнения работ сотрудников курьерской службы / О. Н. Томаровщенко, В. А. Руденко, О. А. Сороковая // Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные исследования: Сборник докладов Всероссийской научной конференции, Белгород, 23–27 октября 2023 года. — Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2023. — С. 114–117.
18. Суворов Е. Д. Некоторые проблемы электронной торговли: к вопросу об ответственности владельцев агрегаторов перед потребителями // Вестник экономического правосудия Российской Федерации. — 2019. — № 9. — С. 57–67.
19. E-commerce и взаимосвязанные области (правовое регулирование): сборник статей / А. А. Богустов, О. Н. Горохова, Д. А. Доротенко и др.; рук. авт. кол. и отв. ред. М. А. Рожкова. М.: Статут. 2019. — С. 448.
20. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 9 месяцев 2024 года. Информационно-аналитический обзор. М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2024. — С. 28. — URL: <https://media.mvd.ru/files/embed/8092246>.
21. В Москве выявили 2,4 тыс. нарушений ПДД курьерами на электросамокатах и велосипедах. — URL: <https://tass.ru/obschestvo/22492731>.
22. Da Silva D., de Andrade S., de Paula Soares D., de Freitas Mathias T., Matsuo T., de Souza R. Factors Associated with Road Accidents among Brazilian Motorcycle Couriers // *The Scientific World Journal*. 2012. May 1. — URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3354443/>.
23. Byun J. H., Park M. H., Jeong B. Y. Effects of age and violations on occupational accidents among motorcyclists performing food delivery // *Work*. — 2020. — Volume 65(1). — pp. 53–61. — URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8520581/>.
24. Lu X. — W., Guo X. — L., Zhang J. — X., Li X.-B., Li L., Jones S. Reducing traffic violations in the online food delivery industry — A case study in Xi'an City, China // *Front. Public Health*. 6 October 2022. Sec. Public Mental Health. Volume 10. — URL: <https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2022.974488/full>.
25. В Петербурге грузовик насмерть сбил курьера. — URL: <https://tvspb.ru/news/2024/03/4/v-peterburge-gruzovik-nasmert-sbil-kurera>.
26. Столкновение доставщика еды на велосипеде с авто в Петербурге попало на видео. — URL: <https://www.5-tv.ru/news/330637/stolknovenie-dostavsika-edy-navelospede-savto-vpeterburge-popalo-navideo/>.
27. Курьер на электровелосипеде насмерть сбил москвичку и попал на видео. — URL: <https://moslenta.ru/news/city/kurer-na-elektrovelospede-nasmert-sbil-moskvichku-i-popal-na-video-08-08-2023.htm>.
28. Мишина Ю. В. К вопросу об участии в дорожном движении пользователей средств индивидуальной мобильности // *Правопорядок: история, теория, практика*. Челябинск: ООО «Эскуэла». — 2020. — № 1 (24). — С. 44–46.
29. В центре Екатеринбурга таксист насмерть сбил курьера на велосипеде. — URL: <https://ekaterinburg.bezformata.com/listnews/ekaterinburga-taksist-nasmert-sbil/127631469/>.
30. Волков П. А., Кемениаш Ю. В. Средства индивидуальной мобильности: вопросы теории и практики использования // *Вестник Белгородского юридического института*. — Белгород: Белгородский юридический институт МВД РФ им. И. Д. Путилина. — 2021. № 1. — С. 51–55.
31. Silva D. W., de Andrade S. M., Soares D. A., Nunes E. F. P. A., Melchior R. Condições de trabalho e riscos no trânsito urbano na ótica de trabalhadores motociclistas // *Fisis*. 2008. Volume 18 (2). — pp. 339–360. — URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3354443/>.
32. Названа причина смерти курьера «Яндекс. Еды» после десятичасовой смены. — URL: <https://lenta.ru/news/2019/04/20/yaeda/>.
33. Яндекс организовал пункты выдачи аптечек и велоинструментов для курьеров. — URL: <https://yandex.ru/company/news/2022-08-17>.
34. Верховный суд не признавал самокаты транспортным средством. — URL: http://www.suprcourt.ru/press_center/mass_media/30940/.
35. Карноу У. Дж. «Велосипедные шлемы»: Научная оценка» в Anton De Smet (2008). Анализ и предотвращение транспортных происшествий. Коммак, Нью-Йорк: Nova Science Publishers; IC bras. Learn How to Work as a Motorcycle Courier. — URL: <https://www.icbras.com.br/en/learn-how-to-work-as-a-motorcycle-courier/>.

References

1. Channov S. E., Dobrobaba M. B. Zarubezhnyy opyt obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya pri ispol'zovanii kur'yerami velosipedov s elektrodvigatelyami [Foreign experience in ensuring road safety when couriers use bicycles with electric motors]. Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo [Bulletin of Lobachevsky Nizhny Novgorod University].— 2024.— № 3.— pp. 157–162.
2. He Y., Sun Ch., Chang F. The road safety and risky behavior analysis of delivery vehicle drivers in China // Accident Analysis & Prevention. May 2023. Volume 184.— URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000145752300060X>.
3. Elfering A., Grebner S., Ebener C. Workflow interruptions, cognitive failure and near-accidents in health care // Psychol Health Med. 2015. Volume 20(2).— pp. 139–147.
4. Sun P. Your Order, Their Labor: An Exploration of Algorithms and Laboring on Food Delivery Platforms in China // Chinese Journal of Communication.— 2019. Volume 12. № 3.— pp. 308–323.
5. Work health and safety of food delivery workers in the gig economy. NSW Government.— 2020.— URL: https://www.centreforwhs.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0007/932677/Work-health-and-safety-of-food-delivery-workers-in-the-gig-economy.pdf.
6. The impact of job demands and job resources on the driving behavior of food delivery riders in Vietnam / M. X. Nhat, H. N. Linh, T. D. Minh, N. Ph. Q. Duy // Science Journal of Transportation.— 2024.— № 2 (18).— pp. 23–41.
7. Il'in S. M., Samarskaya N. A., Simanovich S. V. Okhrana truda kur'yerov kak napravleniye ustoychivogo razvitiya pochtovogo operatora Rossii [Occupational safety of couriers as a direction of sustainable development of the Russian postal operator]. Ekonomika truda [Labor Economics].— 2024.— Vol. 11, № 1.— pp. 77–90.
8. Kutuzov V. M. Optimizatsiya upravleniya kur'yerami/ekspeditorami cherez integratsiyu CRM sistem [Optimization of courier/expeditor management through CRM systems integration]. Voprosy ustoychivogo razvitiya obshchestva [Issues of Sustainable Development of Society].— 2022. № 4.— pp. 1470–1472.
9. Lisitsyna M. Priznaniye trudovykh otnosheniy v sude: spory 2022 g. [Recognition of labor relations in court: disputes of 2022]. Trudovoye pravo [Labor Law].— 2022.— № 11.— pp. 31–38.
10. Lyutov N. L., Voytkovskaya I. V. Voditeli taksi, vpolnyayushchiye rabotu cherez onlayn-platformy: kakovy pravovyye posledstviya «uberizatsii» truda? [Taxi drivers performing work through online platforms: what are the legal consequences of labor «uberization»?]. Aktual'nyye problemy rossiyskogo prava [Actual Problems of Russian Law].— 2020.— № 6.— pp. 149–159.
11. V 2024 godu spros na kur'yerov vyros v dva raza [In 2024, the demand for couriers doubled].— URL: <https://www.retail.ru/news/v-2024-godu-spros-na-kurerov-vyros-v-dva-raza-2-aprelya-2024-239377/>.
12. Uchaykina E. A. Zashchita trudovykh prav kur'yerov, rabotayushchikh na osnove internet-platform [Protection of labor rights of couriers working on the basis of Internet platforms]. Pravo i pravosudiye v sovremennom mire: aktual'nyye problemy grazhdanskogo, grazhdanskogo protsessual'nogo i trudovogo prava: Sbornik nauchnykh statey molodykh issledovateley [Law and Justice in the Modern World: Current Problems of Civil, Civil Procedural and Labor Law: Collection of Scientific Articles by Young Researchers]. Sankt-Peterburg: Tsentr nauchno-proizvodstvennykh tekhnologiy «Asterion» [St. Petersburg: Center for Scientific and Production Technologies «Asterion»].— 2020.— pp. 490–494.
13. Kuzina M. Platformennaya zanyatost'. Zakona net, rabota yest'? [Platform employment. No law, but work exists?]. Trudovoye pravo [Labor Law].— 2021.— № 12.— pp. 11–21.
14. Turbina O. Nuzhno li prokhorit' medosmotry kur'yeram organizatsii, vpolnyayushchim svoyu rabotu kak na svoem, tak i na sluzhebnoy avtomobile? [Do organization couriers performing their work both on their own and on a company car need to undergo medical examinations?]. EZh-Bukhgalter [EJ-Accountant].— 2023.— № 33.— p. 6.
15. Trusov A. I. Nekotoryye problemy pravovogo regulirovaniya ekspluatatsii sredstv individual'noy mobil'nosti [Some problems of legal regulation of the operation of personal mobility devices]. Yurist [Lawyer].— 2023.— № 10.— pp. 62–66.
16. Kapustina E. G. Administrativno-pravovoy status otdel'nykh sub'yektov administrativno-pravovykh otnosheniy v sfere bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Administrative and legal status of individual subjects of administrative and legal relations in the field of road safety]. Zakon i pravo [Law and Right].— 2020.— № 2.— pp. 174–176.

17. Tomarovshchenko O. N., Rudenko V. A., Sorokovaya O. A. Organizatsiya bezopasnogo vypolneniya rabot sotrudnikov kur'yerskoy sluzhby [Organization of safe performance of work for courier service employees]. *Bezopasnost', zashchita i okhrana okruzhayushchey prirodnoy sredy: fundamental'nyye i prikladnyye issledovaniya: Sbornik dokladov Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii*, Belgorod, 23–27 oktyabrya 2023 goda [Safety, protection and environmental protection: fundamental and applied research: Collection of reports of the All-Russian Scientific Conference, Belgorod, October 23–27, 2023]. Belgorod: Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet im. V. G. Shukhova [Belgorod: Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov]. — 2023. — pp. 114–117.
18. Suvorov E. D. Nekotoryye problemy elektronnoy trgovli: k voprosu ob otvetstvennosti vladel'tsev agregatorov pred potrebitelyami [Some problems of electronic commerce: on the issue of responsibility of aggregator owners to consumers]. *Vestnik ekonomicheskogo pravosudiya Rossiyskoy Federatsii* [Bulletin of Economic Justice of the Russian Federation]. — 2019. — № 9. — pp. 57–67.
19. E-commerce i vzaimosvyazannyye oblasti (pravovoye regulirovaniye): sbornik statey [E-commerce and related areas (legal regulation): collection of articles] / A. A. Bogustov, O. N. Gorokhova, D. A. Dorotenko i dr.; ruk. avt. kol. i otv. red. M. A. Rozhkova. M.: Statut [Moscow: Statute]. — 2019. — p. 448.
20. Dorozhno-transportnaya avariynost' v Rossiyskoy Federatsii za 9 mesyatsev 2024 goda. Informatsionno-analiticheskii obzor [Road traffic accidents in the Russian Federation for 9 months of 2024. Information and analytical review]. M.: FKU «NTS BDD MVD Rossii» [Moscow: Federal State Institution «Scientific Center for Road Safety of the Ministry of Internal Affairs of Russia»]. — 2024. — p. 28. — URL: <https://media.mvd.ru/files/embed/8092246>.
21. V Moskve vyyavili 2,4 tys. narusheniy PDD kur'yerami na elektrosamokatakh i velosipedakh [In Moscow, 2.4 thousand traffic violations by couriers on electric scooters and bicycles were detected]. — URL: <https://tass.ru/obshchestvo/22492731>.
22. Da Silva D., de Andrade S., de Paula Soares D., de Freitas Mathias T., Matsuo T., de Souza R. Factors Associated with Road Accidents among Brazilian Motorcycle Couriers // *The Scientific World Journal*. — 2012. — May 1. — URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3354443/>.
23. Byun J. H., Park M. H., Jeong B. Y. Effects of age and violations on occupational accidents among motorcyclists performing food delivery // *Work*. — 2020. Volume 65 (1). — pp. 53–61. — URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8520581/>.
24. Lu X. — W., Guo X. — L., Zhang J. — X., Li X. — B., Li L., Jones S. Reducing traffic violations in the online food delivery industry — A case study in Xi'an City, China // *Front. Public Health*. 6 October 2022. Sec. Public Mental Health. Volume 10. — URL: <https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2022.974488/full>.
25. V Peterburge gruzovik nasmert' sbil kur'yera [In St. Petersburg, a truck fatally hit a courier]. — URL: <https://tvspb.ru/news/2024/03/4/v-peterburge-gruzovik-nasmert-sbil-kurera>.
26. Stolknoveniye dostavshchika yedy na velosipede s avto v Peterburge popalo na video [Collision of a food delivery person on a bicycle with a car in St. Petersburg caught on video]. — URL: <https://www.5-tv.ru/news/330637/stolknovenie-dostavsika-edy-navelosipecte-savto-vpeterburge-popalo-navideo/>.
27. Kur'yer na elektrovelosipede nasmert' sbil moskvichku i popal na video [Courier on an electric bicycle fatally hit a Moscow woman and was caught on video]. — URL: <https://moslenta.ru/news/city/kurer-na-elektrovelosipede-nasmert-sbil-moskvichku-i-popal-na-video-08-08-2023.htm>.
28. Mishina Yu. V. K voprosu ob uchastii v dorozhnom dvizhenii pol'zovateley sredstv individual'noy mobil'nosti [On the issue of road traffic participation of users of personal mobility means]. *Pravoporyadok: istoriya, teoriya, praktika* [Law and Order: History, Theory, Practice]. Chelyabinsk: OOO «Eskuela» [Chelyabinsk: LLC «Escuela»]. — 2020. — № 1 (24). — pp. 44–46.
29. V tsentre Yekaterinburga taksist nasmert' sbil kur'yera na velosipede [In the center of Yekaterinburg, a taxi driver fatally hit a courier on a bicycle]. — URL: <https://ekaterinburg.bezformata.com/listnews/ekaterinburga-taksist-nasmert-sbil/127631469/>.
30. Volkov P. A., Kemenyash Yu. V. Sredstva individual'noy mobil'nosti: voprosy teorii i praktiki ispol'zovaniya [Personal mobility devices: issues of theory and practice of use]. *Vestnik Belgorodskogo yuridicheskogo instituta* [Bulletin of the Belgorod Law Institute]. Belgorod: Belgorodskiy yuridicheskii institut MVD RF im. I. D. Putilina [Belgorod: Belgorod Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation named after I. D. Putilin]. — 2021. — № 1. — pp. 51–55.
31. Silva D. W., de Andrade S. M., Soares D. A., Nunes E. F. P. A., Melchior R. Condições de trabalho e riscos no trânsito urbano na ótica de trabalhadores motociclistas // *Fisis*. — 2008. Volume 18(2). — pp. 339–360. — URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3354443/>.

32. Nazvana prichina smerti kur'yera «Yandeks. Yedy» posle desyaticasovoy smeny [The cause of death of a «Yandex.Food» courier after a ten-hour shift has been named]. — URL: <https://lenta.ru/news/2019/04/20/yaeda/>.

33. Yandeks organizoval punkty vydachi aptechek i veloinstrumentov dlya kur'yerov [Yandex organized distribution points for first-aid kits and bicycle tools for couriers].—URL: <https://yandex.ru/company/news/2022-08-17>.

34. Verkhovnyy Sud ne priznaval samokaty transportnym sredstvom [The Supreme Court did

not recognize scooters as a vehicle].—URL: http://www.supcourt.ru/press_center/mass_media/30940/.

35. Karnou U. Dzh. «Velosipednyye shlemy»: Nauchnaya otsenka» v Anton De Smet (2008) [Bicycle Helmets: Scientific Assessment in Anton De Smet (2008)]. Analiz i predotvrashcheniye transportnykh proisshestviy [Analysis and Prevention of Transport Accidents]. Kommak, N'yu-York: Nova Science Publishers [Commack, New York: Nova Science Publishers]; IC bras. Learn How to Work as a Motorcycle Courier.—URL: <https://www.icbras.com.br/en/learn-how-to-work-as-a-motorcycle-courier/>.

Статья получена 07.04.2025 | статья опубликована 18.06.2025

Сведения об авторах	Information about the authors
<p>Михеева Ирина Евгеньевна кандидат юридических наук, доцент кафедры банковского права, заведующий НОЦ правового регулирования в сфере высоких технологий МГЮА Адрес: ФГАОУ ВО «Московский государственный юридический университет имени О. Е. Кутафина», 125993, г. Москва, ул. Садовая-Кудринская, д. 9 E-mail: ya.miheeva@yandex.ru</p>	<p>Mikheeva Irina Evgenyevna Candidate of Legal Sciences (Ph.D. in Law), Associate Professor of the Banking Law Department, Head of the Research and Educational Center for Legal Regulation in the Field of High Technologies, MSAL Address: Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Moscow State Academy of Law named after O. E. Kutafin, 125993, Moscow, Sadovaya-Kudrinskaya str., 9 E-mail: ya.miheeva@yandex.ru</p>
<p>Засемкова Олеся Федоровна кандидат юридических наук, доцент кафедры международного частного права МГЮА Адрес: ФГАОУ ВО «Московский государственный юридический университет имени О. Е. Кутафина», 125993, г. Москва, ул. Садовая-Кудринская, д. 9 E-mail: ofzasemkova@msal.ru</p>	<p>Zasemkova Olesya Fedorovna Candidate of Legal Sciences (Ph.D. in Law), Associate Professor of the Private International Law Department, MSAL Address: Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Moscow State Academy of Law named after O. E. Kutafin, 125993, Moscow, Sadovaya-Kudrinskaya str., 9 E-mail: ofzasemkova@msal.ru</p>

УДК 621.316

ЭЛЕКТРОЗАРЯДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ С ДИНАМИЧЕСКИМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ МОЩНОСТИ МЕЖДУ РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

А. В. Бериллов
С. Ю. Останин
М. Ю. Румянцев
И. В. Станкевич

НИУ «Московский энергетический институт» (МЭИ)

Аннотация. Данная статья начинает серию публикаций о работах, выполняемых в НИУ «Московский энергетический институт» по исследованию зарядной инфраструктуры для электрического транспорта (ЭТ) в крупных городах и мегаполисах. Основное внимание уделено рассмотрению принципов построения крупных электрочарядных комплексов (ЭЗК) с динамическим распределением мощности между зарядными постами, позволяющих эффективно обслуживать электрические транспортные средства (ТС), различающиеся как типом, так и мощностью: легковые автомобили, микроавтобусы, электробусы, электрокатера и др. Исследуются возможные варианты зарядных структур для ЭТ при создании мощных ЭЗК (парки электробусов, площадки для заряда городских электротакси, станции заряда электрокатеров и речных трамвайчиков) с учетом энергетической инфраструктуры г. Москвы. Сделан вывод о перспективности реализации высокомоощных электрочарядных комплексов с общей шиной постоянного тока.

Ключевые слова: электромобили, электробусы, зарядная инфраструктура, электрочарядные станции, электрочарядные комплексы, динамическое распределение мощности.

ELECTRIC CHARGING SYSTEMS WITH DYNAMIC POWER DISTRIBUTION BETWEEN DIFFERENT TYPES OF VEHICLES

A. V. Berilov
S. Y. Ostanin
M. Y. Rumyantsev
I. V. Stankevich

National Research University «Moscow Power Engineering Institute» (MPEI)

Abstract. This article initiates a series of publications on research conducted at the National Research University «Moscow Power Engineering Institute» concerning charging infrastructure for electric transport (ET) in large cities and metropolitan areas. Primary attention is focused on examining the principles of constructing large-scale electric charging complexes (ECC) with dynamic power distribution between charging stations, enabling efficient service for electric vehicles (EV) of various types and power requirements: passenger cars, minibuses, electric buses, electric boats, and others. The study investigates possible charging structure configurations for ET in the development of high-capacity ECC installations (electric bus depots, charging areas for urban electric taxis, charging stations for electric boats and river trams) considering Moscow's energy infrastructure. The conclusion emphasizes the promising prospects for implementing high-power electric charging complexes with common direct current bus systems.

Keywords: electric vehicles, electric buses, charging infrastructure, electric charging stations, electric charging complexes, dynamic power distribution.

Введение

Одной из тенденций развития ТС в мире является их электрификация и создание платформенных технологий электродвижения, в которых тяговое усилие, необходимое для движения, создается электродвигателями, обеспечивающими вращение колес автомобилей, гребных винтов речных и морских судов, тяговых винтов летательных аппаратов и т. д. [1–22]. Разрабатываются разные типы электромобилей, от полностью электрических, использующих для движения только электрическую энергию, запасаемую в аккумуляторных батареях (АБ), до гибридных автомобилей, движение которых обеспечивают гибридные силовые энергетические установки, имеющие как АБ, так и двигатели внутреннего сгорания (ДВС), в том числе и газотурбинные, и даже водородные топливные элементы.

Важнейшим условием развития систем электродвижения и увеличения количества электромобилей в любой стране мира является создание соответствующей инфраструктуры для быстрого и эффективного заряда тяговых аккумуляторов. При этом увеличение общего количества электрических ТС требует значительной мощности, необходимой для подключения зарядной инфраструктуры, что в условиях ограниченных возможностей существующих энергосистем обуславливает необходимость системного подхода к поиску оптимальных структур как самих ЭЭС, так и алгоритмов управления ими. Очевидно, простейшее решение, связанное с установкой определенного количества ЭЭС только исходя из количества электромобилей, эксплуатируемых в конкретном районе, не может быть признано рациональным, прежде всего по критерию эффективности использования установленной мощности зарядного оборудования. Особенно важен системный подход при проектировании крупных зарядных хабов (парки электробусов, площадки для зарядки электротакси, зарядные станции для электрокатеров и речных трамваев), в которых суммарная мощность ЭЭС исчисляется сотнями тысячами кВт.

В настоящее время не существует общемировых стандартов по переходу на электродвижение ТС, разные страны выбирают различные приоритеты и направления для развития своей автомобильной инфраструктуры с учетом ключевых вызовов современности, экономических возможностей и здравого смысла. В этой связи для нашей страны в целом [1] и для города

Москвы в частности, важно изначально выбрать интенсивный путь развития зарядной инфраструктуры с учетом лучших мировых достижений и использования собственных обоснованных и эффективных решений.

В городе Москве, с учетом значительных размеров мегаполиса и огромного количества транспортных средств, развитие электротранспорта весьма актуально, но требует создания эффективной, мощной, доступной для всех участников движения зарядной инфраструктуры. Одним из направлений развития зарядной инфраструктуры является создание ЭЭС с динамическим распределением мощности [2], как между электромобилями с разной мощностью тяговых АБ, так и между различными классами ТС.

Основное отличие таких комплексов от отдельных ЭЭС и даже от нескольких ЭЭС, объединенных по территориальному признаку, состоит в возможности максимально гибко перераспределять располагаемую мощность в точке общего присоединения между зарядными клиентами в зависимости от:

- 1) их значимости и приоритета обслуживания;
- 2) требуемого (запрашиваемого) времени заряда;
- 3) их общего количества, одновременно находящихся на зарядных постах;
- 4) текущего уровня заряда каждого.

Возможность динамического распределения мощности позволяет существенно увеличивать коэффициент использования располагаемой мощности за счет перенаправления высвобождаемой зарядной мощности по мере ее появления, а не по факту полного заряда клиентов ЭЭС и освобождения им зарядного разъема.

Задача распределения зарядной мощности между различными видами ТС на сегодня и ближайшее будущее сопряжена с необходимостью применения разных типов зарядных разъемов и режимов заряда в зависимости от типа ТС и установленных тяговых АБ [3–9]. Применение всей существующей номенклатуры разъемов и режимов заряда в отдельных ЭЭС — конструктивно сложно, дорого и неэффективно в использовании, а в комплексах с динамическим распределением мощности, наоборот, — осуществляется легко, при увеличении количества зарядных терминалов (постов), что в итоге приводит к увеличению числа обслуживаемых клиентов за единицу времени, и, как следствие, к дополнительному увеличению коэффициента использования располагаемой мощности.

Метод

Для выбора перспективных структур мощных ЭЗК выполнен сравнительный анализ опубликованных технических решений по критериям энергетической эффективности. Анализ алгоритмов работы и эффективности различных ЭЗК выполнен методами имитационного компьютерного моделирования, для чего разработана цифровая модель, базирующаяся на создании математических описаний всех элементов, входящих в исследуемую систему, диаграммах связей между объектами и описании влияний одних параметров на другие.

Описание рассматриваемых комплексов

На рис. 1 условно показан ЭЗК с несколькими зарядными постами. С учетом оговоренной выше мощности, в данной работе рассматриваются ЭЗК, использующие быстрый заряд ТС.

Первичным источником электрической энергии для ЭЗК является подстанция. В случае наличия свободных мощностей на уже имеющейся подстанции и невозможности ее модернизации,

При таком подходе возможно имитировать поведение всей моделируемой системы во времени.

Для успешного решения задачи создания ЭЗК с динамическим распределением мощности между различными видами транспортных средств, на уровне всех подсистем необходим системный подход к поиску возможных реализаций и последующая инженерно-конструкторская проработка найденных технических решений, обеспечивающих безопасное, надежное, высокоэффективное перераспределение мощности между зарядными клиентами.

подстанцию не имеет смысла рассматривать как часть ЭЗК, а достаточно лишь учитывать взаимодействие между ними. При строительстве же новой подстанции исключительно для нужд ЭЗК целесообразно на этапе ее проектирования заложить решения, которые позволят улучшить эксплуатационные показатели ЭЗК. В этом случае подстанция является уже подсистемой всего комплекса.

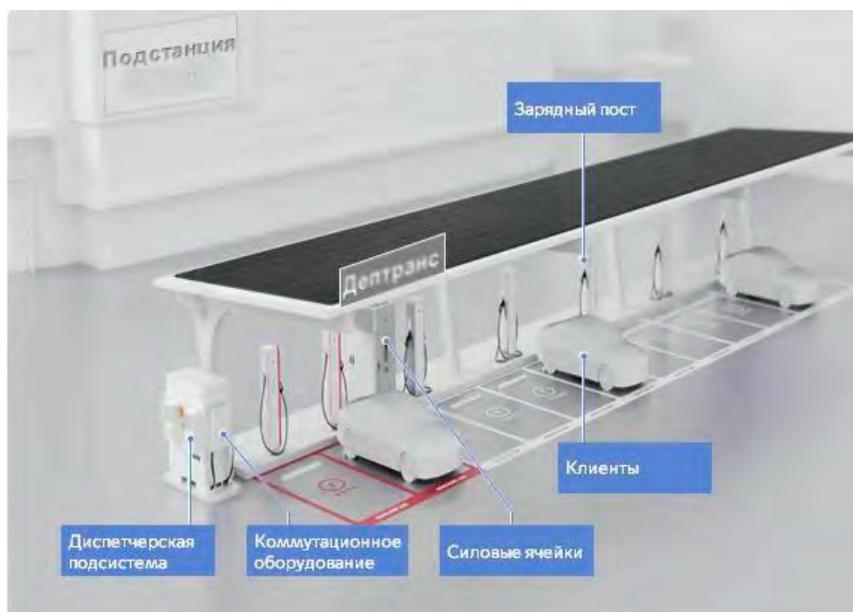


Рис. 1. Электрозарядный комплекс. Источник: авторы исследования

Другими составляющими комплекса являются:

- 1) подсистема преобразования электроэнергии — силовые ячейки;
- 2) подсистема распределения электроэнергии — коммутационное оборудование;
- 3) подсистема зарядки — зарядные посты;
- 4) подсистема управления — диспетчерская подсистема.

Обзор технических решений и публикаций показывает, что все страны находятся, по сути, в начале пути, создают пока инфраструктуру как экспериментальную, проверяя разные варианты

ее реализации, стандартов построения таких комплексов пока не существует [10–15]. Сложность задачи не позволяет в данном случае найти быстрое универсальное решение. Однако необходимо создавать отечественный задел по данному вопросу, несмотря на все существующие сложности, в том числе и с электронной компонентной базой. Движение по пути только увеличения мощностей ЭЗС и их количества для создания зарядных площадок не даст желаемого долгосрочного результата, приведет к излишним денежным затратам и, в итоге, к отставанию нашей страны в данной области техники.

Результаты и обсуждение

Эффективность преобразования электрической энергии для любого электротехнического и электронного преобразователя, в том числе электростанции, может быть оценена коэффициентом полезного действия (КПД) и входным коэффициентом мощности.

КПД преобразования электрической энергии ЭЗК — отношение выходной мощности $P_{\text{вых}}$ к входной мощности $P_{\text{вх}}$, потребляемой из сети:

$$\eta = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}}, \quad (1)$$

Входной коэффициент мощности определяет качество электропотребления и рассчитывается по формуле:

$$\chi = \frac{\cos \varphi_{(1)}}{\sqrt{K_{r(1)}^2 + 1}}, \quad (2)$$

где $\varphi_{(1)}$ — фазовый угол между основными гармониками сетевого напряжения и потребляемого тока; $K_{r(1)}$ — коэффициент гармоник этого тока (определяющий отклонение формы тока от синусоидальной).

Отклонения реального значения показателя χ от единицы регламентируются соответствующим ГОСТом, более того, фиксируются счетчиками и пропорциональны тарифной стоимости потребляемой электроэнергии. Желательно иметь значения η , $\cos \varphi_{(1)}$ и χ как можно ближе к единице. Это реализуется процедурой выбора или разработки технических решений, оптимальных по указанным критериям на всех уровнях построения ЭЗК, начиная с проработки структурных вариантов системы электроснабжения ЭЗК и заканчивая разработкой схмотехнических решений отдельных преобразовательных устройств (узлов) и применяемой элементной базой.

По структурной организации мощные зарядные комплексы, обеспечивающие быстрый заряд транспортных средств с тяговыми АБ можно раз-

делять на три вида: с общей шиной переменного тока, с общей шиной постоянного тока и комбинированные [11].

Большинство выпускаемых в настоящее время ЭЗС быстрого заряда ориентированы на индивидуальное подключение к общепромышленным сетям переменного трехфазного напряжения 230/400 В, 50 Гц. Зарядная инфраструктура с общей шиной переменного тока изображена на рис. 2. В силовой части ЭЗС для унификации технических решений, увеличения надежности и повышения функциональной гибкости, как правило, используются несколько силовых модулей (ячеек) мощностью от 10 до 75 кВт (у отдельных производителей до 100 кВт). Соответственно, суммарная мощность станции определяется количеством используемых модулей и их мощностью. При такой структуре каждый модуль должен содержать два электронных преобразователя: преобразователь переменного тока в постоянный (AC/DC), и преобразователь постоянного тока в постоянный (DC/DC). Преобразователь AC/DC выполняет функции формирования внутренней шины постоянного тока, являясь по существу управляемым выпрямителем. Как правило, на этот преобразователь также возлагаются функции корректора коэффициента мощности (ККМ) для обеспечения требуемого качества потребляемого из сети тока и требований по электромагнитной совместимости. Соответственно, преобразователь постоянного тока DC/DC обеспечивают зарядную сессию ТС, формируя требуемый зарядный ток тяговой АБ.

При оснащении станции несколькими зарядными разъемами и коммутационным блоком, позволяющим переключать выходы каждого, либо отдельных DC/DC, на любой из зарядных разъемов, реализуется динамическое распределение мощности между выходами одной станции.

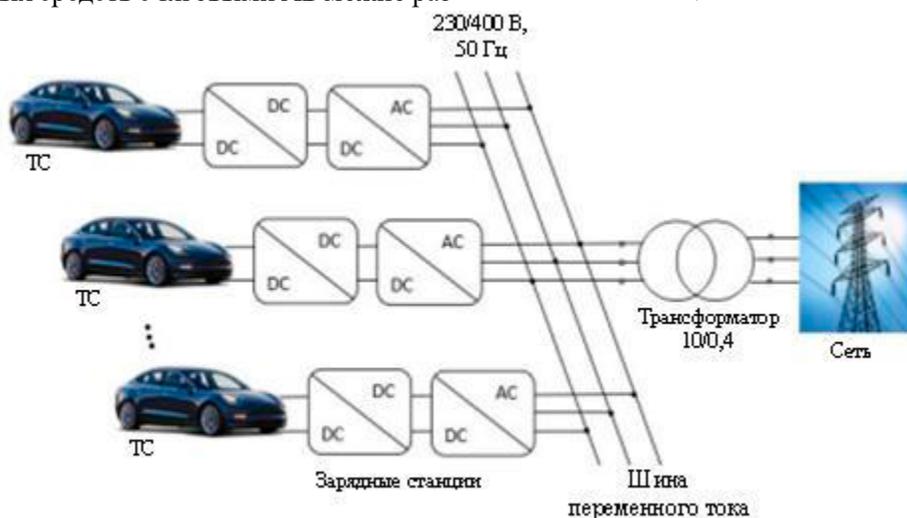


Рис. 2. Структура ЭЗК с общей шиной переменного тока. Источник: авторы исследования

При небольшом количестве зарядных станций, территориально размещаемых вместе и образующих простейший зарядный комплекс, до определенного уровня суммарной мощности в точке общего присоединения структура с общей шиной переменного тока вполне оправдана, прежде всего, благодаря своей простоте.

При необходимости увеличения количества зарядных постов и суммарной зарядной мощности, например при организации парков электробусов, крупных площадок для городских электротакси, парков зарядки электрического транспорта коммунальных служб, станций заряда электрокаров и т. д., более предпочтительна с технической

и экономической точек зрения является структура ЭЗК с организацией общей шины постоянного тока, изображенная на рис. 3.

В этом случае функции выпрямления сетевого напряжения и формирования требуемого качества потребляемого тока возлагаются на один, общий для всего ЭЗК, мощный, рассчитанный на полную мощность комплекса, AC/DC преобразователь, заменяющий множество таких же, но маломощных преобразователей в структуре с общей шиной переменного тока. Очевидно, КПД такого решения оказывается существенно выше, а стоимость — ниже.

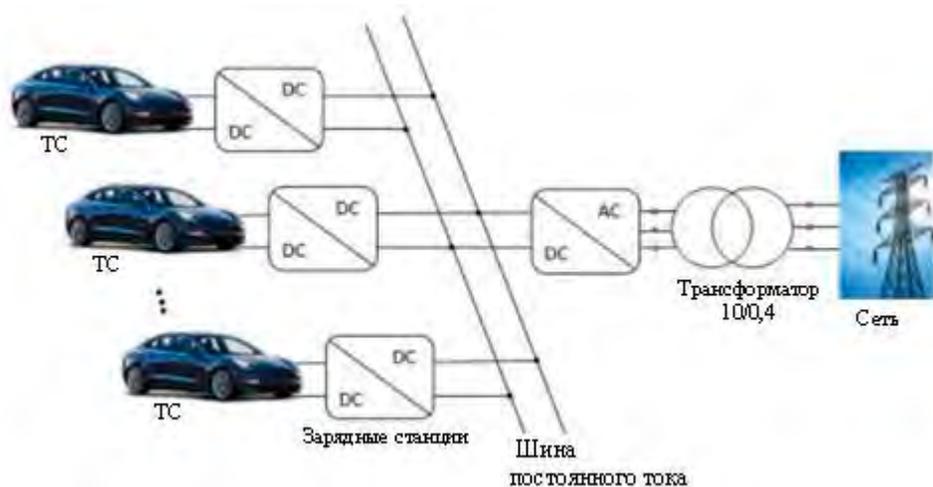


Рис. 3. Структура ЭЗК с общей шиной постоянного тока. Источник: авторы исследования

Необходимо отметить, что возможность стабилизации параметров напряжения на общей шине для систем ЭЗК переменного тока (рис. 2) переменного тока ограничена, и, как правило, сводится к минимизации влияния комплекса на сеть. В тоже время отдельные проблемы, возникающие в самой сети электроснабжения, пусть даже кратковременно, могут быть решены только при отключении электроснабжения комплекса по основной линии. Другими словами, либо с его полным выключением, либо с корректным переходом на резервное электроснабжение по переменному току, что реализуется более сложно, чем в структурах с шиной постоянного тока. Структуры ЭЗК с общей шиной постоянного тока (рис. 3) дают большие возможности по ее стабилизации даже при критических проблемах в основной сети электроснабжения, особенно при использовании в составе зарядных комплексов накопителей электрической энергии, как это показано на рис. 4.

Применение общей шины постоянного тока дает возможность объединения по входу большого количества преобразователей DC/DC разной мощности, в итоге удешевляя стоимость зарядных модулей за счет исключения в каждом модуле AC/DC преобразователя, упрощая их изготовление и обслуживание.

Наконец, использование структур с общей шиной постоянного тока позволяет сравнительно просто использовать в структурах ЭЗК дополнительные нетрадиционные источники энергии, такие, как солнечные и водородные электростанции, электрохимические накопители энергии и т. д., что отражено на рис. 4, где приведена структура ЭЗК комбинированного типа.

Выполненный анализ показал, что возможности снижения стоимости создания ЭЗК в варианте с шиной постоянного тока значительно больше, и на сегодня по этому показателю она является наиболее перспективной.

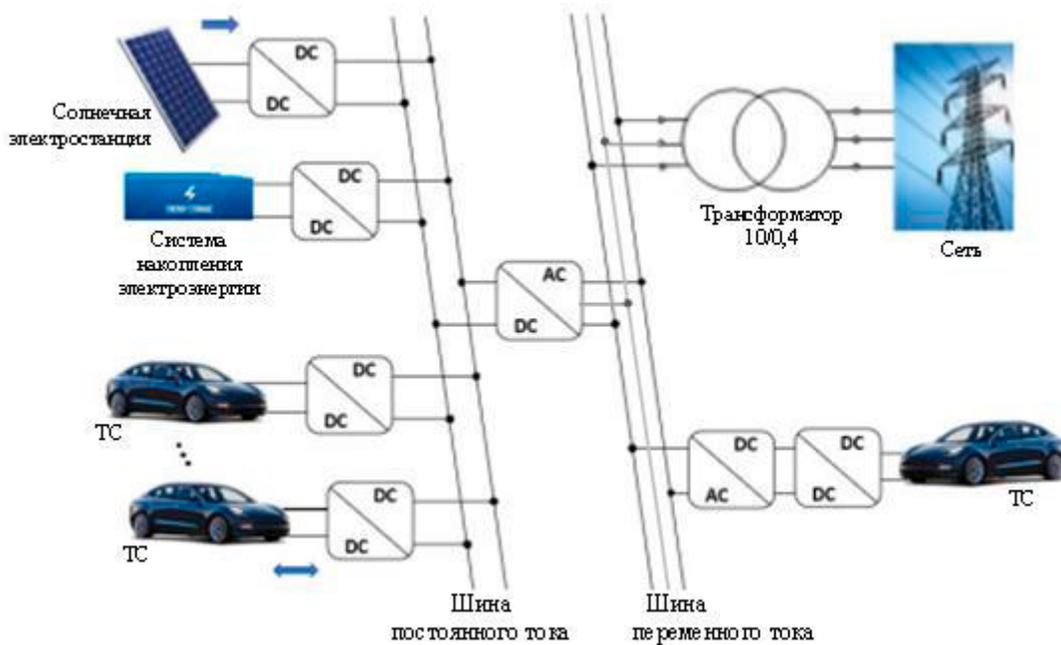


Рис. 4. Структура ЭЗК комбинированного типа. Источник: авторы исследования

Из рисунков 2, 3 и 4 хорошо видны электроэнергетические объекты для поиска новых решений в ЭЗК — это как структуры комплексов в целом, так и варианты реализации отдельных устройств. На уровне устройств — схемотехнические и конструктивные решения для мощных

высоковольтных силовых трансформаторов подстанций и электронных преобразователей с учетом места их размещения, а также с учетом работы этих отдельных устройств в общем электротехническом комплексе.

Заключение

Разработка и внедрение ЭЗК с динамическим распределением мощности, формирование принципов их построения, структуры и алгоритмов работы, являются частью комплексной задачи по развитию транспортного и энергетического комплекса Москвы.

На основе вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Анализ общих принципов организации ЭЗК показал, что для успешного решения задачи создания ЭЗК с динамическим распределением мощности между различными видами транспортных средств на уровне всех подсистем нужен системный подход к поиску возможных реализаций и последующая инженерно-конструкторская проработка найденных технических решений для безопасного, надежного, высокоэффективного перераспределения мощности между зарядными клиентами.
2. Создание ЭЗК с повышенной энергетической эффективностью может быть достигнуто в большей степени на уровне схемотехнических решений, возможности снижения стоимости создания ЭЗК в варианте с общей шиной постоянного тока значительно больше,

и на сегодня по этому показателю она является наиболее перспективной.

3. Анализ возможных новых решений для ЭЗК показывает, что, вероятно, наиболее эффективной стратегией освоения технологий создания ЭЗК может быть разработка их линейки на различные уровни мощности, например составляющих сотни кВт и единицы МВт.
4. При формировании направлений развития электротранспортных средств и принципов построения инфраструктуры их заряда в Москве требуется четкое определение ориентиров в виде городских нормативных документов о перспективности использования электробусов, электротакси, электрических автомобилей коммунальных служб и личных электромобилей горожан, учет вопросов технического характера, земельных вопросов, вопросов хозяйственного пользования и экологии.
5. Результаты работ по созданию имитационных компьютерных моделей ЭЗК с динамическим распределением мощности и результаты моделирования работы реальных зарядных комплексов г. Москвы будут опубликованы в последующих статьях.

Список литературы

1. О концепции по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года. — Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/608396540>.
2. Электромобили и зарядная инфраструктура / Вострокнутов А. Ю. Электроэнергия. Передача и распределение № 2 (77), март — апрель 2023 г.
3. Брошюра «Электромобиль Москвич 3Е» с сайта автозавода «Москвич». — Режим доступа: <https://storage.yandexcloud.net/s3-moskvich-new/cms/1ee7/e1/f895096f79b9f76843e3a6bac0cfe3ecc1117b88.pdf>.
4. Статья «Низкопольный электробус «ГАЗель e-City» — уже на улицах Москвы» от 3 февраля 2023 года на специализированном бизнес-портале о коммерческом транспорте РЕЙС.РФ. — Режим доступа: <https://reis.zr.ru/article/avtomobili/avtobusy/nizkopolnyi-elektrobus-gazel-e-city-on-takoi-odin-poka/>.
5. Информационный листок ПАО «КАМАЗ» по модели электробуса КАМАЗ-6282 с первым вариантом батареи. — Режим доступа: <https://kamaz.ru/upload/bus/D0AD0BB0B5D0BA0D182D180D0BE0D0B1D183D18120KAMAZ-6282.pdf>.
6. Информационный листок ПАО «КАМАЗ» по модели электробуса КАМАЗ-6282 со вторым вариантом батареи. — Режим доступа: https://kamaz.ru/production/buses/pdf_062023/D0AD0BB0B5D0BA0D182D180D0BE0D0B1D183D18120KAMAZ-6282.pdf.
7. Информационный листок ПАО «КАМАЗ» по модели электробуса КАМАЗ-6282 ONC с ночной зарядкой. — Режим доступа: https://kamaz.ru/production/buses/pdf_062023/D0AD0BB0B5D0BA0D182D180D0BE0D0B1D183D18120KAMAZ-628220ONC.pdf.
8. Каталог официального дилера «Транспортный центр КАМАЗ пассажирский транспорт» 2024 г.
9. Сайт компании «Современные транспортные технологии». Технические характеристики электробуса модели 6274. — Режим доступа: <https://autoplatform.ru/models/elektrobus>.
10. London's 2030 electric vehicle infrastructure strategy. — Режим доступа: <https://crossriverpartnership.org/wp-content/uploads/2021/12/london-2030-electric-vehicle-infrastructure-strategy-december-2021.docx>
11. M. Safayatullah, M. T. Elrais, S. Ghosh, R. Rezaei and I. Batarseh, «A Comprehensive Review of Power Converter Topologies and Control Methods for Electric Vehicle Fast Charging Applications», in IEEE Access, vol. 10, pp. 40753–40793, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3166935. keywords: {Topology; Batteries; Electric vehicle charging; Costs; Voltage control; Power system reliability; Power system harmonics; Charging stations; converter control; converter topologies; DC fast chargers; electric vehicle (EV); EV fast chargers; multilevel AC-DC converter; multiport converter; off-board charger}
12. Publications Joint Office of Energy and Transportation. — Режим доступа: <https://driveelectric.gov/publications>.
13. News Joint Office of Energy and Transportation. — Режим доступа: <https://driveelectric.gov/news>.
14. High-Power Electric Vehicle Charging Hub Integration Platform (eCHIP) Design Guidelines and Specifications for DC Distribution-Based Charging Hub/ Mithat John Kisacikoglu, Jason D. Harper, Rajendra Prasad Kandula, Alastair P. Thurlbeck, Akram Syed AN. Emin Ucer, Edward Watt, Md Shafquat Ullah Khan, and Rasel Mahmud/ April 2024. — Режим доступа: https://afdc.energy.gov/files/u/publication/high_power_electric_vehicle_charging_hub_integration_platform_echip.pdf?af19782735.
15. Использование систем накопления электроэнергии для зарядных станций электромобилей в условиях ограничений на технологическое присоединение. Воронин В. А., Непша Ф. С., Анушенко С. Ю. — Электроэнергия. Передача и распределение. № 5 (86) 2024 г.

References

1. O kontseptsii po razvitiyu proizvodstva i ispol'zovaniya elektricheskogo avtomobil'nogo transporta v Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda [On the concept for the development of production and use of electric automotive transport in the Russian Federation for the period up to 2030] <https://docs.cntd.ru/document/608396540>.
2. Vostroknutov A. Y. Elektromobili i zaryadnaya infrastruktura [Electric vehicles and charging infrastructure]. Elektroenergiya. Peredacha

i raspredeleniye [Electric Power. Transmission and Distribution]. № 2 (77), March—April 2023.

3. Broshyura «Elektromobil' Moskvich 3Ye» s sayta avtozavoda «Moskvich» [Brochure «Moskvich 3E Electric Vehicle» from the Moskvich automobile plant website] <https://storage.yandexcloud.net/s3-moskvich-new/cms/1ee7/e1/f895096f79b9f76843e3a6bac0cfe3ecc1117b88.pdf>.

4. Stat'ya «Nizkopol'nyy elektrobuss «GAZel' e-City» — uzhe na ulitsakh Moskvyy» ot 03.02.2023 na spetsializirovannom biznes-portale o kommercheskom transporte REYS.RF [Article «Low-floor electric bus «GAZelle e-City» — already on the streets of Moscow» dated 03.02.2023 on the specialized business portal about commercial transport REYS.RF]. <https://reis.zr.ru/article/avtomobili/avtobusy/nizkopolnyi-elektrobuss-gazel-e-city-on-takoi-odin-poka/>.

5. Informatsionnyy listok PAO «KAMAZ» po modeli elektrobussa KAMAZ-6282 s pervym variantom batarei [Information sheet of PJSC «KAMAZ» on the KAMAZ-6282 electric bus model with the first battery option] <https://kamaz.ru/upload/bus/D0AD0BB0B5D0BAD182D180D0BE0B1D183D18120KAMAZ-6282.pdf>.

6. Informatsionnyy listok PAO «KAMAZ» po modeli elektrobussa KAMAZ-6282 so vtorym variantom batarei [Information sheet of PJSC «KAMAZ» on the KAMAZ-6282 electric bus model with the second battery option] https://kamaz.ru/production/buses/pdf_062023/D0AD0BB0B5D0BAD182D180D0BE0B1D183D18120KAMAZ-6282.pdf.

7. Informatsionnyy listok PAO «KAMAZ» po modeli elektrobussa KAMAZ-6282 ONC s nochnoy zaryadkoy [Information sheet of PJSC «KAMAZ» on the KAMAZ-6282 ONC electric bus model with overnight charging] https://kamaz.ru/production/buses/pdf_062023/D0AD0BB0B5D0BAD182D180D0BE0B1D183D18120KAMAZ-628220ONC.pdf.

8. Katalog ofitsial'nogo dilera «Transportnyy tsentr KAMAZ passazhirskiy transport» 2024 g. [Catalog of the official dealer «Transport Center KAMAZ passenger transport» 2024].

9. Sayt kompanii «Sovremennyye transportnyye tekhnologii» Tekhnicheskiye kharakteristiki elektrobussa modeli 6274 [Website of the company «Modern Transport Technologies» Technical characteristics of the electric bus model 6274] <https://autoplatfrom.ru/models/elektrobuss>.

10. London's 2030 electric vehicle infrastructure strategy <https://crossriverpartnership.org/wp-content/uploads/2021/12/london-2030-electric-vehicle-infrastructure-strategy-december-2021.docx>

11. M. Safayatullah, M. T. Elrais, S. Ghosh, R. Rezaii and I. Batarseh, «A Comprehensive Review of Power Converter Topologies and Control Methods for Electric Vehicle Fast Charging Applications», in IEEE Access, vol. 10, pp. 40753–40793, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3166935. keywords: {Topology; Batteries; Electric vehicle charging; Costs; Voltage control; Power system reliability; Power system harmonics; Charging stations; converter control; converter topologies; DC fast chargers; electric vehicle (EV); EV fast chargers; multilevel AC-DC converter; multiport converter; off-board charger}

12. Publications · Joint Office of Energy and Transportation <https://driveelectric.gov/publications>.

13. News · Joint Office of Energy and Transportation <https://driveelectric.gov/news>.

14. High-Power Electric Vehicle Charging Hub Integration Platform (eCHIP) Design Guidelines and Specifications for DC Distribution-Based Charging Hub/ Mithat John Kisacikoglu, Jason D. Harper, Rajendra Prasad Kandula, Alastair P. Thurlbeck, Akram Syed AN. Emin Ucer, Edward Watt, Md Shafquat Ullah Khan, and Rasel Mahmud/ April 2024 https://afdc.energy.gov/files/u/publication/high_power_electric_vehicle_charging_hub_integration_platform_echip.pdf?af19782735.

15. Voronin V. A., Nepsha F. S., Anushenko S. Y. Ispol'zovaniye sistem nakopleniya elektroenergii dlya zaryadnykh stantsiy elektromobiley v usloviyakh ogranicheniy na tekhnologicheskoye prisoyedineniye [Use of electric energy storage systems for electric vehicle charging stations under technological connection restrictions]. Elektroenergiya. Peredacha i raspredeleniye [Electric Power. Transmission and Distribution]. № 5 (86) 2024.

Статья получена 14.05.2025 | статья опубликована 18.06.2025

Сведения об авторах	Information about the authors
<p>Бериллов Андрей Вячеславович старший преподаватель кафедры электротехнических комплексов автономных объектов и электрического транспорта (ЭКАОиЭТ), ведущий инженер НИЛ «Автономных систем электрооборудования подвижных объектов», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» Адрес: ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 13, корп. М E-mail: BerilovAV@mpei.ru</p>	<p>Berilov Andrey Vyacheslavovich Senior Lecturer at the Department of Electrical Complexes of Autonomous Objects and Electric Transport (ECAOiET), Lead Engineer at the Research Laboratory of «Autonomous Electrical Systems for Mobile Objects», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research University «Moscow Power Engineering Institute» (NRU «MPEI») Address: «National Research University 'Moscow Power Engineering Institute'» (NRU «MPEI»), 111250, Moscow, E-mail: BerilovAV@mpei.ru</p>
<p>Останин Сергей Юрьевич кандидат технических наук, доцент кафедры электротехнических комплексов автономных объектов и электрического транспорта (ЭКАОиЭТ) ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» Адрес: ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 13, корп. М E-mail: OstaninSY@mpei.ru</p>	<p>Ostanin Sergey Yuryevich Candidate of Technical Sciences (Ph.D. in Engineering), Associate Professor at the Department of Electrical Complexes of Autonomous Objects and Electric Transport (ECAOiET) «National Research University «Moscow Power Engineering Institute» (NRU «MPEI») Address: «National Research University 'Moscow Power Engineering Institute'» (NRU «MPEI»), 111250, Moscow, Krasnokazarmennaya Street, 13, Building M E-mail: OstaninSY@mpei.ru</p>
<p>Румянцев Михаил Юрьевич кандидат технических наук, заведующий кафедрой электротехнических комплексов автономных объектов и электрического транспорта (ЭКАОиЭТ) ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» Адрес: ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 13, корп. М E-mail: RumyantsevMY@mpei.ru</p>	<p>Rumyantsev Mikhail Yuryevich Candidate of Technical Sciences (Ph.D. in Engineering), Head of Department of Electrical Complexes of Autonomous Objects and Electric Transport (ECAOiET) «National Research University 'Moscow Power Engineering Institute'» (NRU «MPEI») Address: «National Research University 'Moscow Power Engineering Institute'» (NRU «MPEI»), 111250, Moscow, Krasnokazarmennaya Street, 13, Building M E-mail: RumyantsevMY@mpei.ru</p>
<p>Станкевич Иван Владимирович кандидат технических наук, доцент кафедры электротехнических комплексов автономных объектов и электрического транспорта (ЭКАОиЭТ), ведущий программист НИЛ «Автономных систем электрооборудования подвижных объектов», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» Адрес: ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 13, корп. М E-mail: StankevichIV@mpei.ru</p>	<p>Stankevich Ivan Vladimirovich Candidate of Technical Sciences (Ph.D. in Engineering), Associate Professor at the Department of Electrical Complexes of Autonomous Objects and Electric Transport (ECAOiET), Lead Programmer at the Research Laboratory of «Autonomous Electrical Systems for Mobile Objects», «National Research University 'Moscow Power Engineering Institute'» (NRU «MPEI») Address: «National Research University 'Moscow Power Engineering Institute'» (NRU «MPEI»), 111250, Moscow, Krasnokazarmennaya Street, 13, Building M E-mail: StankevichIV@mpei.ru</p>

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ КОМПЛЕКСНОСТИ СОЧЕТАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ОТ НАЗЕМНОГО И ПОДЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА

Ю. В. Лазуткин

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» (РУТ МИИТ)

Аннотация. В статье представлены результаты разработанной ранее [21, 22] программы по проведению натурных исследований влияния вибрации на здания и сооружения, возникающие от комплекса динамических воздействий наземного и подземного городского транспорта. Рассмотрена действующая нормативно-правовая база в области транспортной вибрации, проанализированы имеющиеся в практике результаты влияния вибрации от каждого источника воздействия по отдельности (трамвай, автобус, метро) и с комплексным воздействием вибрации (одновременно) от трех видов транспорта. Выявлена закономерность при анализе комплекса динамических воздействий для прогнозирования будущих событий в части раскрытия трещин зданий, находящихся в непосредственной близости к источникам техногенного воздействия.

Источниками вибрационного воздействия являются вагоны метро, трамваи и автобусы, движущиеся в непосредственной близости от зданий. Для замеров вибрации подобрано специализированное оборудование анализатор шума и вибрации, регистратор и вибротест.

Для выбора натурной площадки и проведения эксперимента проведен анализ загруженности транспортных магистралей наземного и подземного транспорта в Москве. Выбраны три наиболее загруженные территории для одновременного замера вибрации от метро, трамвая и автотранспорта по улицам Краснопрудная, Павелецкая и Бауманская.

Ключевые слова: транспортная вибрация, виды транспорта, метро, трамваи, автотранспорт, план проведения эксперимента, средства механизации, подбор оборудования, трещины в строительных конструкциях.

EXPERIMENTAL RESULTS ON ASSESSMENT OF THE IMPACT OF COMPLEX COMBINATIONS OF DYNAMIC EFFECTS FROM SURFACE AND UNDERGROUND TRANSPORT

Yu. V. Lazutkin

Russian University of Transport (RUT MIIT)

Abstract. The article presents the results of a previously developed program [21, 22] for conducting field studies on the influence of vibration on buildings and structures arising from complex dynamic effects of surface and underground urban transport. The current regulatory framework in the field of transport vibration is examined, and the available practical results of vibration influence from three types of transport from each individual source of impact (tram, bus, metro) and with complex vibration effects (simultaneous) are analyzed. A pattern has been identified in the analysis of complex dynamic effects for predicting future events regarding crack development in buildings located in close proximity to sources of technogenic impact. The sources of vibrational impact are metro cars, trams, and buses moving in close proximity to buildings. Specialized equipment including a noise and vibration analyzer, recorder, and vibration tester was selected for vibration measurements.

To select the field site and conduct the experiment, an analysis of traffic load on surface and underground transport routes in Moscow was performed. Three of the most heavily loaded areas were selected for simultaneous vibration measurements from metro, tram, and automobile transport along Krasnopрудnaya, Paveletskaya, and Baumanskaya streets.

Keywords: transport vibration, types of transport, metro, trams, automobile transport, experimental plan, mechanization equipment, equipment selection, cracks in building structures.

Введение

Развитие транспортной инфраструктуры, прежде всего строительство новых дорог, железнодорожных линий и метрополитенов, расширяет зону воздействия динамических нагрузок и увеличивает интенсивность движения всех видов транспорта: автомобильного, железнодорожного, трамвайного, метро. Все эти факторы способствуют росту частоты и амплитуды динамического влияния.

Стоит отметить, что возросшие требования нормативно-правовых документов к комфорту проживания и работы в зданиях (уровень шума, вибрация) делают проблему динамического воздействия транспорта еще более острой.

Метод

Методы исследования комплекса динамических воздействий от городского транспорта на близлежащие здания включают в себя: экспериментальный метод с натурными измерениями вибрации в метро, на фундаменте, в здании и т. д.; теоретический метод с разработкой математической модели распространения вибрации в грунте и здании или развитием существующего аналитического метода; численное моделирование с использованием специального программного обеспечения для моделирования динамического поведения здания под воздействием вибрации от трех видов транспорта и статистический анализ с обработкой данных измерений для выявления закономерностей и зависимостей.

Одним из сложных направлений исследований является экспериментальный метод с натурными измерениями вибрации в метро, на фундаменте, в здании и т. д. от влияния комплексности динамических воздействий наземного и подземного городского транспорта в условиях густой застройки территории на раскрытие трещин в несущих строительных конструкциях зданий

Анализ

Исследования транспортной вибрации авторы научных работ [1–10] рассматривают как действия, генерируемые отдельными видами транспортного движения: автомобильным, трамвайным и железнодорожным — поодиночке и в различных

Интенсивный рост пиковой загруженности всех типов наземного и подземного транспорта в мегаполисах и городах-миллионниках на современном этапе ставит перед учеными и специалистами в области оценки воздействия динамических колебаний и исследований кинематики раскрытия трещин в зданиях и сооружениях новые сложные задачи. Исследование и определение статистически обоснованных параметров вибрационного воздействия на здание от прохождения видов городского транспорта с целью разработки мероприятий защиты от него является актуальной задачей обеспечения безопасности зданий.

и сооружений, который и принят в данной работе [2–4, 16–20].

Нормативно-правовое обеспечение в данном направлении исследований устанавливает предельно допустимые уровни общей вибрации, общее руководство по измерениям вибрации машин на вращающихся и невращающихся частях и последующей оценке их вибрационного состояния, а также метод определения и оценки общей вибрации, которая воздействует на водителя и пассажиров. К таким нормативно-правовым документам относят: постановление главного государственного санитарного врача РФ от 16.10.2020 № 30 «Об утверждении санитарных правил СП 2.5.3650-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к отдельным видам транспорта и объектам транспортной инфраструктуры»; ГОСТ Р 55855-2013 «Автомобильные транспортные средства. Методы измерения и оценки общей вибрации»; ГОСТ Р ИСО 20816-1-2021 «Вибрация. Измерения вибрации и оценка вибрационного состояния машин. Часть 1. Общее руководство» и другие.

комбинациях, а также воздействие динамических полей в грунте на здания и сооружения, находящиеся в зоне влияния. Действия динамических полей от автомобильного, трамвайного, железнодорожного транспорта и тоннелей метрополитена

на подземную часть зданий и сооружений рассматриваются в основном как воздействие квазидетерминированного процесса, а для выявления собственных частот колебаний отдельных конструктивных элементов сооружений как откликов на соответствующие воздействия используется

спектральный анализ Фурье [3, 12, 13, 17, 18].

Основные показатели, характеризующие прохождение динамических волн: доминирующие частоты, виброскорости, виброускорения частиц грунта и зона влияния (рис. 1).

Комплексность динамических воздействий от наземного и подземного транспорта

	ЖД	Трамвай	Авто	Метро
Доминирующие частоты, Гц	10-70	20-45	10-20	30-70
Виброскорость частиц грунта, м/с (Дб)	16-50 (110-120)	16-160 (90-130)	0.005-0.007 (40-65)	16-50 (110-120)
Виброускорение частиц грунта, м/с (Дб)	1-22 (70-97)	0.5-45 (56-130)	0.003-0.011	16-50 (110-120)
Зона влияния, м	150-300	150-300	40-100	40-80
Уровни динамического воздействия на грунты и сооружения				
	Низкий	Средний	Высокий	

Рис. 1. Основные показатели, характеризующие прохождение динамических волн и уровни динамического воздействия на грунты и строительные конструкции. Источник: автор исследования

По данным [6–19] многочисленных обследований установлено, что вибрация верхнего строения пути, возникающая при движении составов метрополитена, а также наземного железнодорожного рельсового транспорта, передается через грунт на фундамент зданий и вызывает в их помещениях вибрацию и структурный шум. Вертикальные вибрации возбуждают в основном резонансные колебания перекрытий, а горизонтальные — резонансные колебания стен, что и вызывает структурный шум (гул) в помещениях.

Результаты, представленные в заключениях по инструментальному обследованию колебаний поверхности грунта и прогнозу уровней вибрации и структурного шума в проектируемых многофункциональных комплексах при движении поездов действующей и перспективной линий метрополитена, а также железнодорожных составов на объектах в центре г. Москвы, показывают значительное увеличение виброскоростей продольных и поперечных виброволн [3–17].

Анализ напряженно-деформированного состояния дорожной конструкции показывает, что основное разрушающее воздействие на автомобильную дорогу производят грузовые многоосные автопоезда, движение которых осуществляется с нагрузками, нередко превышающими нормативные. В целом исследования в результате обработки измерений [3, 11–13] показывают, что здания, находящиеся в непосредственной близости от напряженных транспортных магистралей, испытывают вибрации, эквивалентные толчкам в сейсмически опасных районах.

Проведенный анализ научной литературы и изучение проблемы влияния транспортной вибрации на фундаменты и строительные конструкции зданий и сооружений, расположенных в зоне влияния, позволили сформулировать цель исследования: проведение натурных испытаний по комплексному динамическому воздействию на здания и сооружения от наземного (трамвай и автомобили) и подземного (метро) городского транспорта.

В рамках поставленной цели будут решены следующие задачи исследования:

1. Анализ результатов исследований по данной тематике, опубликованных в научной литературе.
2. Подбор виброизмерительного оборудования, предназначенного для измерения виброускорения, виброскорости и размаха виброперемещения для проведения экспериментальных исследований.
3. Подготовка обосновывающих материалов для определения состава лабораторных измерений в части виброизоляционного воздействия на объекты транспортного комплекса города Москвы.

Проведение экспериментальных исследований

Для исследований вибрационных нагрузок от городского транспорта в эксперименте рассмотрены воздействия трех видов транспорта: метрополитена, трамваев и автобусов с автомобилями — как наименее исследованное сочетание по комплексной транспортной вибрации в настоящее время [1–3, 11, 14, 15].

В натурных испытаниях рассматривались воздействия, генерируемые отдельными видами

4. Приведение натуральных измерений уровней вибрации от движения трамвая, автобуса и метрополитена по отдельности.

5. Проведение натуральных измерений уровней вибрации от одновременного прохождения участка тремя видами транспорта: трамваем, автобусом и метрополитеном.

6. Оценка влияния вибрации на основания, фундаменты и перекрытия зданий, расположенных в зоне влияния при одновременном прохождении участка тремя видами транспорта с помощью численного моделирования.

транспортного движения: автомобильным, трамвайным и метро, как в отдельности, так и в сочетаниях, а также воздействия динамических полей в грунте на фундаменты и перекрытия, расположенные вблизи зданий и сооружений. Выполнен подбор специализированного оборудования для проведения эксперимента: анализатор шума и вибрации, регистратор и вибротест.

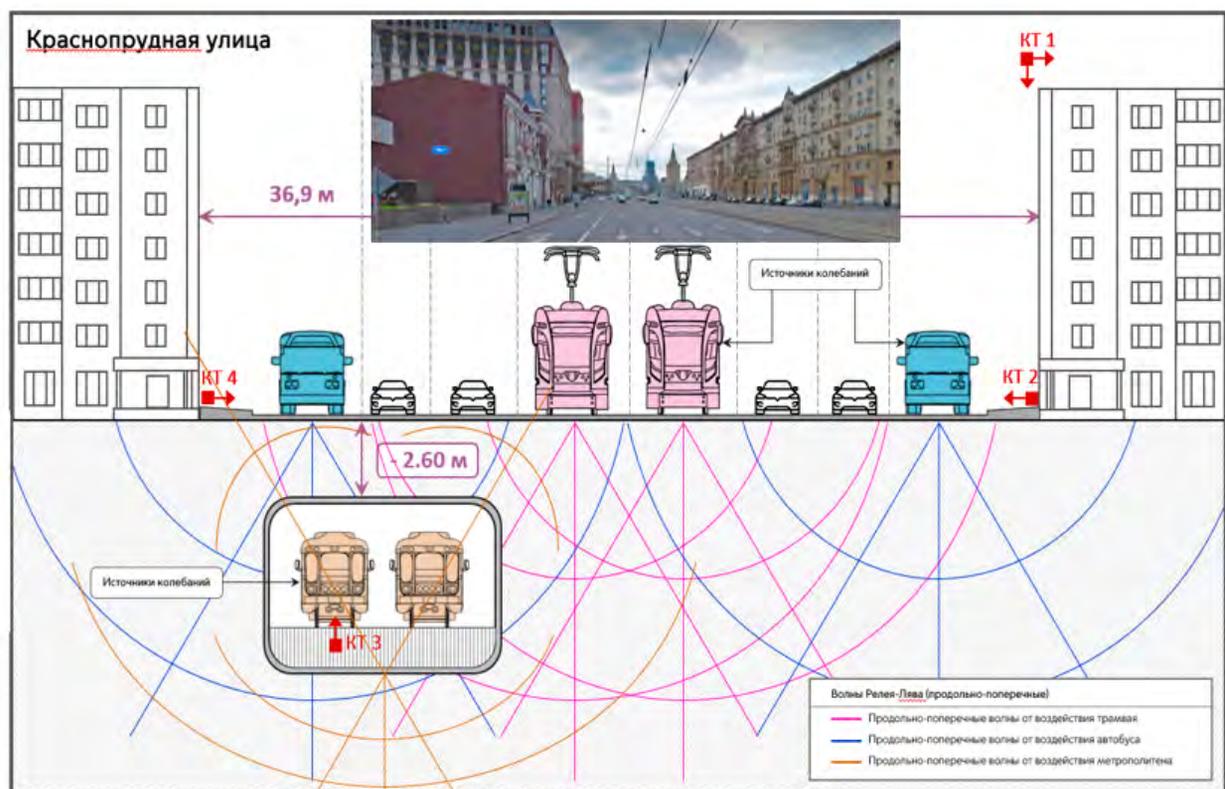


Рис. 2. Организация программы проведения комплексных натуральных исследований по ул. Краснопрудная. Источник: автор исследования

Для выбора натурной площадки и проведения эксперимента был проведен анализ загруженности транспортных магистралей наземного и подземного транспорта в Москве. Выбраны три наиболее загруженные участка для одновременного замера вибрации от метро, трамвая

и автотранспорта: первый экспериментальный участок находится по улице Краснопрудная (рис. 2), второй расположен по улице Павелецкой и третий — по улице Бауманская.

Разработаны программа и план проведения комплексных натуральных исследований распростра-

нения волн от прохождения транспорта, определено 5 точек установки оборудования: в метро, на кровле многоэтажных зданий и на фундаменте в подвале. На первом этапе эксперимент будет проведен по улице Краснопрудная (рис. 3 и 4). По данному участку проходят восемь маршрутов общественного транспорта. Инженерно-геологический разрез на данном участке представлен

четырьмя основными слоями. Первый слой мощностью 4 метра является техногенным, с влажными и водонасыщенными суглинками и супесями. Второй слой мощностью 2 метра состоит из иловатых глин и суглинков мягко- и тугопластичных, далее следуют водонасыщенные пылеватые мелкие пески с гравием и галькой от 5 до 8,5 м.

Проведение экспериментальных натуральных исследований в метро



Замеры в нише обделки метро с помощью анализатора шума и вибрации «Ассистент»



Рис. 3. Фотофиксация проведения замеров вибрации в метро. Источник: автор исследования



Замеры в подвале расположенного вблизи здания

Замеры в чердачном помещении расположенного вблизи здания

Фиксация времени движения трамвая

Фиксация времени движения автомобильного транспорта

Рис. 4. Фотофиксация проведения замеров вибрации в здании и фиксация времени движения трамваев, автобусов и автомобилей. Источник: автор исследования

Замеры вибрации в метро осуществлялись круглые сутки. При интенсивности движения метропоездов на перегоне с 8 до 10 утра позволили определить временные пики в тоннеле и зрительно на поверхности фиксировать время одновременного прохождения трамвая и авто-транспорта (рис. 4). В результате получилось два пиковых пересечения по времени: это в 8 часов 55 минут 35 секунд и в 9 часов 38 минут 20 секунд, в которых и замеряли суммарные вибрации. В результате были получены уровни вибрации с корректировкой виброускорений в октавных полосах частот от суммарного прохождения всех видов транспорта и от каждого в отдельности.

По полученным результатам испытаний исследований построены уровни виброускорений (дБа) для отдельных источников вибрации — автотранспорта, трамвая, метро, и комплексного их воздействия всех вместе. Графическое отображение уровней виброускорений в октавных полосах от 2 до 125 Гц по улице Краснопрудная представлено на рис. 5-8.

В здании, где велись замеры, имеются трещины и деформации в несущих конструкциях. На фасаде установлены постоянные маяки. Наблюдается дальнейшее раскрытие сквозных трещин.



Рис. 5. Графическое отображение уровней виброускорений в октавных полосах от 2 до 125 Гц по улице Краснопрудная от одновременно трех источников. Источник: автор исследования



Рис. 6. Графическое отображение уровней виброускорений по улице Краснопрудная от источника вибрации — метро. Источник: автор исследования



Рис. 7. Графическое отображение уровней виброускорений по улице Краснопрудная от источника вибрации — трамвай. Источник: автор исследования

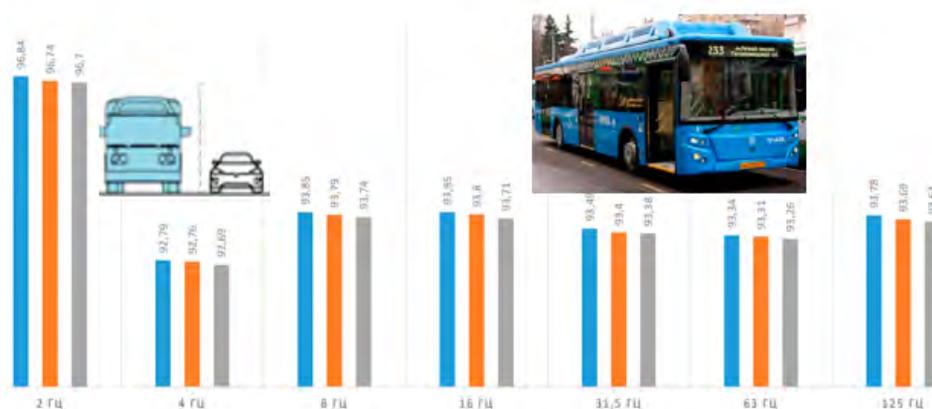


Рис. 8. Графическое отображение уровней виброускорений по улице Краснопрудная от источников вибрации — электробус и автомобили. Источник: автор исследования

На втором этапе проведения натурных испытаний по результатам, полученным на первом экспериментальном участке транспортной сети, будет скорректирована программа проведения

замеров для определения пиковых временных значений показателей при одновременном прохождении трех видов транспорта на участках улиц Павелецкой и Бауманской.

Заключение

В рамках поставленной цели и задач исследования по оценке комплексного динамического воздействия на здания и сооружения от наземного (трамвай и автомобили) и подземного (метро) городского транспорта разработана методика про-

ведения испытаний, основанная на действующей нормативно-правовой базе по транспортной вибрации, вибрации зданий и оценке ее воздействия на конструкцию.



Сводный по оси X график вибрационных воздействий по октавным частотам в подвале здания

Сводный по оси X график вибрационных воздействий по октавным частотам на кровле здания

Рис. 9. Графики сводных результирующих вибрационных воздействий по данным рис. 5-8 по октавным частотам, измеренные в подвале здания (слева) и на кровле (справа). Источник: автор исследования

По результатам статистической обработки экспериментальных данных на участке построены графики сводных результирующих вибрационных воздействий по данным рис. 5-8 по октавным частотам, измеренные в подвале здания (слева) и на кровле (справа). Было выявлено, что от прохождения трамвая и автотранспорта значения выше, чем от совокупности всех

видов транспорта. То есть при одновременном прохождении трех видов транспорта происходит гашение виброволн.

Полученные уровни вибрации с корректировкой виброускорений позволили подтвердить предполагаемую научную гипотезу о взаимном гашении виброволн в момент временных пиковых показателей [21, 22].

Список литературы

1. Золина Т. В. Исследование влияния вибрационных воздействий от автотранспорта на состояние конструкций фундамента жилого здания / Т. В. Золина, Н. В. Купчикова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. — 2019. — № 3 (29). — С. 24-29. — EDN KVZSNG.
2. Территориально-пространственное развитие трамвайной транспортной инфраструктуры Москвы и ее влияние на существующую застройку / В. П. Титов, В. И. Гришин, Н. В. Купчикова, Ю. В. Лазуткин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. — 2024. — № 3 (49). — С. 40-49. — DOI 10.52684/2312-3702-2024-49-3-40-49. — EDN GWIOUT.
3. Экспериментальная динамика сооружений. Мониторинг транспортной вибрации: монография / Е. К. Борисов [и др.]; Камчатский гос. технический ун-т, Профессорский клуб ЮНЕСКО (г. Владивосток). — Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2007. — ISBN 978-5-328-00160-1. — EDN QNNCCX.
4. Купчикова Н. В. Проектирование радиальных коммуникационных тоннелей при редевелопменте территорий / Н. В. Купчикова, Ю. В. Лазуткин, Е. Е. Купчиков // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования: Материалы VII Национальной научно-практической конференции с международным участием, приуроченной ко Дню российской науки, Астрахань, 09 февраля 2024 года. — Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. — С. 70-78. — EDN AUNVFH.
5. Федоров В. С. Об организации опытно-экспериментальной работы в ходе исследования влияния комплексности вибровоздействий наземного и подземного транспорта на здания и сооружения / В. С. Федоров, Н. В. Купчикова, Ю. В. Лазуткин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. — 2024. — № 1 (47). — С. 95-100. — DOI 10.52684/2312-3702-2024-47-1-95-100. — EDN AVTRYO.
6. Кузнецов А. Н. Снижение уровня транспортной вибрации в кабинах автотракторных средств за счет применения инерционных компонентов в подвеске / А. Н. Кузнецов, О. И. Поливаев // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения для АПК: Материалы международной научно-практической конференции, Воронеж, 30 ноября 2023 года. — Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2023. — С. 61-67. — EDN GDGAYI.
7. Ванин В. С. Метод использования переходных функций при оценке транспортной вибрации / В. С. Ванин, Т. Е. Галаган // Строительные и дорожные машины. — 2007. — № 3. — С. 32-35. — EDN HZEEOZ.
8. Локтев А. А. Моделирование воздействия городского рельсового транспорта на окружающую застройку / А. А. Локтев, Д. А. Локтев, Л. А. Илларионова // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. — 2023. — № 1. — С. 52-60. — DOI 10.15593/24111678/2023.01.07. — EDN AKYDVF.
9. Задачи и перспективы развития научных исследований в рамках сотрудничества между ОАО «РЖД» и Российской академией наук / Н. А. Махутов, Б. М. Лапидус, М. М. Гаденин, Е. Ю. Титов // Железнодорожный транспорт. — 2023. — № 7. — С. 6-11. — EDN ZAFGPF.
10. Сычева А. В. Снижение динамического воздействия колеса на рельс применением новой технологии выравнивания рельсовых нитей / А. В. Сычева, А. А. Локтев, В. П. Сычев // Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта: Межвузовский сборник научных трудов. — Москва: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта», 2024. — С. 376-382. — EDN LFDOPH.

11. Ашпиз Е. С. Применение эластомерных подбалластных матов в тоннеле / Е. С. Ашпиз, Е. Ю. Титов, А. В. Гордеев // Путь и путевое хозяйство. — 2023. — № 5. — С. 22-25. — EDN FHYWYA.

12. Метод сейсмоизоляции и виброизоляции, основанный на свойствах изображений Фурье финитных функций / Е. Н. Курбацкий, Е. Ю. Титов, О. А. Голосова, С. С. Харитонов // Academia. Архитектура и строительство. — 2020. — № 1. — С. 102-110. — DOI 10.22337/2077-9038-2020-1-102-110. — EDN WVXJZJ.

13. Курбацкий Е. Н. Оценка влияния поверхностных слоев грунта на параметры спектров максимальных реакций / Е. Н. Курбацкий, А. Ш. Хуссейн // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. — 2024. — № 1 (68). — С. 47-48. — EDN JDSRBK.

14. Патент № 2696175 С2 Российская Федерация, МПК В60W 10/02, В60W 10/06, В60W 10/11. Способ и система для регулирования шума, вибрации и резкости работы силового агрегата транспортного средства: № 2017143451: заявл. 12.12.2017: опубл. 31.07.2019 / А. Д. Ричардс, А. Н. Бэнкер, А. Й. Карник, Д. Э. Роллингер; заявитель Форд Глобал Текнолоджиз, ЛЛК. — EDN SBIGLN.

15. Авторское свидетельство № 653146 А1 СССР, МПК В60G 25/00. Устройство для защиты от вибрации пользователя транспортным средством: № 2485281: заявл. 12.05.1977: опубл. 25.03.1979 / Б. Д. Цвик, Е. Я. Улицкий, Т. Г. Цвик; заявитель Всесоюзный ордена трудового красного знамени научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. — EDN QFBBOG.

16. Купчикова Н. В. Экспертиза геоподосновы, оснований и фундаментов: современные приборы и оборудование при проведении экспериментальных исследований и геотехнического мониторинга / Н. В. Купчикова, А. С. Таркин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. — 2021. — № 4 (38). — С. 47-55. — DOI 10.52684/2312-3702-2021-38-4-47-55. — EDN OCRXNE.

17. Золина Т. В. Мониторинг состояния береговых зон и результаты внедрения новых технологий их закрепления на территории Астраханской области / Т. В. Золина, Н. В. Купчикова, Р. И. Шахмедов // Каспий и глобальные вызовы: Материалы Международной научно-практической конференции, Астрахань, 23-24 мая 2022 года / Составители: О. В. Новиченко [и др.]. — Астрахань: 2022. — С. 760-768. — EDN FUGSMP.

18. Купчикова Н. В. Технология реконструкции, санации и капитального ремонта зданий, включая экспертизу геоподосновы, оснований и фундаментов / Н. В. Купчикова. — Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. — 105 с. — ISBN978-5-93026-077-9. — EDN PWKXHV.

19. Kupchikova N. V. Numerical researches of the work of the pile with end spherical broadening as part of the pile group / N. V. Kupchikova // Building and Reconstruction. — 2019. — № 6 (86). — pp. 3-9. — DOI 10.33979/2073-7416-2019-86-6-3-9. — EDN YRHETP.

20. Фильтрационная устойчивость грунтовых перемычек плотин как временных гидротехнических сооружений / В. С. Федоров, Н. В. Купчикова, С. С. Рекунов, И. В. Федосюк // Строительство и реконструкция. — 2024. — № 5 (115). — С. 44-60. — DOI 10.33979/2073-7416-2024-115-5-44-60. — EDN BVHOSI.

21. Лазуткин Ю. В., Еремеев А. А. Результаты численного моделирования НДС оценки уровней вибраций в грунтовом массиве от трех источников // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГБОУ АО ВО «АГАСУ». — 2025. — № 1 (51). — С. 65-73.

22. Лазуткин Ю. В. Влияние сочетания динамических воздействий от наземного и подземного транспорта в условиях плотной застройки мегаполиса // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГБОУ АО ВО «АГАСУ». — 2025. — № 1 (51). — С. 28-36.

References

1. Zolina T. V., Kupchikova N. V. Issledovanie vliyaniya vibratsionnykh vozdeystvii ot avtotransporta na sostoyanie konstruksii fundamenta zhilogo zdaniya [Investigation of the Influence of Vibrational Effects from Motor Transport on the Condition of Residential Building Foundation Structures]. In-

henerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region]. — 2019, № 3 (29), — pp. 24–29. EDN KVZSNG.

2. Titov V. P., Grishin V. I., Kupchikova N. V., Lazutkin Yu. V. Territorial'no-prostranstvennoe razvitiye tramvainoi transportnoi infrastruktury Moskvy

i ee vliyanie na sushchestvuyushchuyu zastroiku [Territorial and Spatial Development of Moscow's Tram Transport Infrastructure and Its Impact on Existing Development]. *Inzhenerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya* [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region].— 2024, № 3 (49),— pp. 40–49. DOI 10.52684/2312–3702–2024–49–3–40–49. EDN GWIOUT.

3. Borisov E. K. et al. Eksperimental'naya dinamika sooruzhenii. Monitoring transportnoi vibratsii: monografiya [Experimental Dynamics of Structures. Transport Vibration Monitoring: Monograph]. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU Publishing House.— 2007. ISBN978–5–328–00160–1. EDN QNNCCX.

4. Kupchikova N. V., Lazutkin Yu. V., Kupchikov E. E. Proektirovanie radial'nykh kommunikatsionnykh tonnelei pri redevelopmente territorii [Design of Radial Communication Tunnels in Territory Redevelopment]. *Innovatsionnoe razvitie regionov: potentsial nauki i sovremennogo obrazovaniya: Materialy VII Natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Innovative Development of Regions: Potential of Science and Modern Education: Proceedings of the VII National Scientific-Practical Conference with International Participation]. Astrakhan: Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering.— 2024,— pp. 70–78. EDN AUNVFH.

5. Fedorov V. S., Kupchikova N. V., Lazutkin Yu. V. Ob organizatsii opytно-eksperimental'noi raboty v khode issledovaniya vliyaniya kompleksnosti vibrovozdestvii nazemnogo i podzemnogo transporta na zdaniya i sooruzheniya [On the Organization of Experimental Work During the Study of the Influence of Complex Vibration Effects of Surface and Underground Transport on Buildings and Structures]. *Inzhenerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya* [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region].— 2024, № 1 (47),— pp. 95–100. DOI 10.52684/2312–3702–2024–47–1–95–100. EDN AVTRYO.

6. Kuznetsov A. N., Polivaev O. I. Snizhenie urovnya transportnoi vibratsii v kabinakh avtotraktornykh sredstv za schet primeneniya inertsiionnykh komponentov v podveske [Reducing Transport Vibration Levels in Automotive and Tractor Vehicle Cabins Through the Use of Inertial Components in Suspension]. *Nauka i obrazovanie na sovremennom etape razvitiya: opyt, problemy i puti ikh resheniya dlya APK* [Science and Education at the Modern Stage of Development: Experience, Problems and Solutions for Agriculture]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I.— 2023,— pp. 61–67. EDN GDGAYI.

7. Vanin V. S., Galagan T. E. Metod ispol'zovaniya perekhodnykh funktsii pri otsenke transportnoi vibratsii [Method of Using Transfer Functions in Transport Vibration Assessment]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny* [Construction and Road Machines].— 2007, № 3,— pp. 32–35. EDN HZEEOZ.

8. Loktev A. A., Loktev D. A., Illarionova L. A. Modelirovanie vozdeistviya gorodskogo rel'sovogo transporta na okruzhayushchuyu zastroiku [Modeling the Impact of Urban Rail Transport on Surrounding Development]. *Transport. Transportnye sooruzheniya. Ekologiya* [Transport. Transport Structures. Ecology].— 2023, № 1,— pp. 52–60. DOI 10.15593/24111678/2023.01.07. EDN AKYDVF.

9. Makhutov N. A., Lapidus B. M., Gadenin M. M., Titov E. Yu. Zadachi i perspektivy razvitiya nauchnykh issledovaniy v ramkakh sotrudnichestva mezhdru OAO «RZhD» i Rossiiskoi akademiei nauk [Tasks and Prospects for the Development of Scientific Research Within the Framework of Cooperation Between Russian Railways JSC and the Russian Academy of Sciences]. *Zheleznodorozhnyi transport* [Railway Transport].— 2023, № 7,— pp. 6–11. EDN ZAFGPF.

10. Sycheva A. V., Loktev A. A., Sychev V. P. Snizhenie dinamicheskogo vozdeistviya koleasa na rel's primeneniem novoi tekhnologii vyravnivaniya rel'sovykh nitei [Reducing Dynamic Wheel-Rail Impact Through Application of New Rail Thread Alignment Technology]. *Sovremennye problemy sovershenstvovaniya raboty zheleznodorozhnogo transporta* [Modern Problems of Railway Transport Operation Improvement]. Moscow: Russian University of Transport.— 2024,— pp. 376–382. EDN LFDOPH.

11. Ashpiz E. S., Titov E. Yu., Gordeev A. V. Primenenie elastomernykh podballastnykh matov v tonnele [Application of Elastomeric Underballast Mats in Tunnels]. *Put' i putevoe khozyaistvo* [Track and Track Facilities].— 2023, № 5,— pp. 22–25. EDN FHYWYA.

12. Kurbatskii E. N., Titov E. Yu., Golosova O. A., Kharitonov S. S. Metod seismoizolyatsii i vibroizolyatsii, osnovannyi na svoistvakh izobrazhenii Fur'e finitnykh funktsii [Method of Seismic and Vibration Isolation Based on Properties of Fourier Images of Finite Functions]. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and Construction].— 2020, № 1,— pp. 102–110. DOI 10.22337/2077–9038–2020–1–102–110. EDN WVXJZJ.

13. Kurbatskii E. N., Khussein A. Sh. Otsenka vliyaniya poverkhnostnykh sloev grunta na parametry spektrov maksimal'nykh reaktzii [Assessment of

Surface Soil Layer Influence on Maximum Response Spectrum Parameters]. Prirodnye i tekhnogennye riski. Bezopasnost' sooruzhenii [Natural and Technogenic Risks. Structural Safety].— 2024, № 1 (68),— pp. 47–48. EDN JDSRBK.

14. Richards A. D., Banker A. N., Karnik A. Y., Rollinger D. E. Sposob i sistema dlya regulirovaniya shuma, vibratsii i rezkosti raboty silovogo agregata transportnogo sredstva [Method and System for Controlling Noise, Vibration and Harshness of Vehicle Powertrain]. Patent No. 2696175 C2 Russian Federation, IPC B60W 10/02, B60W 10/06, B60W 10/11. No. 2017143451: filed 12.12.2017: published 31.07.2019. EDN SBIGLN.

15. Tsvik B. D., Ulitskii E. Ya., Tsvik T. G. Ustroistvo dlya zashchity ot vibratsii pol'zovatelya transportnym sredstvom [Device for Protecting Vehicle User from Vibration]. Author's certificate No. 653146 A1 USSR, IPC B60G 25/00. No. 2485281: filed 12.05.1977: published 25.03.1979. EDN QFBBGO.

16. Kupchikova N. V., Tarkin A. S. Ekspertiza geopod osnovy, osnovanii i fundamentov: sovremennye pribory i oborudovanie pri provedenii eksperimental'nykh issledovaniy i geotekhnicheskogo monitoringa [Expertise of Geological Base, Foundations and Foundation Structures: Modern Instruments and Equipment for Experimental Research and Geotechnical Monitoring]. Inzhenerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region].— 2021, № 4 (38),— pp. 47–55. DOI 10.52684/2312–3702–2021–38–4–47–55. EDN OCRXNE.

17. Zolina T. V., Kupchikova N. V., Shayakhmedov R. I. Monitoring sostoyaniya beregovykh zon i rezul'taty vnedreniya novykh tekhnologii ikh zakrepleniya na territorii Astrakhanskoi oblasti [Monitoring of Coastal Zone Conditions and Results of Implementing New Technologies for Their Stabilization in Astrakhan Region]. Kaspii i global'nye vyzovy [The Caspian and Global Challenges]. Astrakhan.— 2022,— pp. 760–768. EDN FUGSMP.

18. Kupchikova N. V. Tekhnologiya rekonstruktsii, sanatsii i kapital'nogo remonta zdaniy, vklyuchaya ekspertizu geopod osnovy, osnovanii i fundamentov [Technology of Building Reconstruction, Rehabilitation and Major Repair, Including Expertise of Geological Base, Foundations and Foundation Structures]. Astrakhan: Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering.— 2019.— 105 p. ISBN978–5–93026–077–9. EDN PWKXHV.

19. Kupchikova N. V. Numerical researches of the work of the pile with end spherical broadening as part of the pile group. Building and Reconstruction.— 2019, № 6 (86),— pp. 3–9. DOI 10.33979/2073–7416–2019–86–6–3–9. EDN YRHETP.

20. Fedorov V. S., Kupchikova N. V., Rekunov S. S., Fedosyuk I. V. Fil'tratsionnaya ustoichivost' gruntovykh peremychek plotin kak vremennykh gidrotekhnicheskikh sooruzhenii [Filtration Stability of Soil Cofferdams of Dams as Temporary Hydraulic Structures]. Stroitel'stvo i rekonstruktsiya [Construction and Reconstruction].— 2024, № 5 (115),— pp. 44–60. DOI 10.33979/2073–7416–2024–115–5–44–60. EDN BVHOSI.

21. Lazutkin Yu. V., Ereemeev A. A. Rezul'taty chislennogo modelirovaniya nds otsenki urovnei vibratsii v gruntovom massive ot trekh istochnikov [Results of Numerical Modeling of Stress-Strain State Assessment of Vibration Levels in Soil Mass from Three Sources]. Inzhenerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region].— 2025, № 1 (51),— pp. 65–73.

22. Lazutkin Yu. V. Vliyanie sochetaniya dinamicheskikh vozdeystviy ot nazemnogo i podzemnogo transporta v usloviyakh plotnoi zastroiki megapolisa [Influence of Combined Dynamic Effects from Surface and Underground Transport in Dense Urban Development Conditions]. Inzhenerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region].— 2025, № 1 (51),— pp. 28–36.

Статья получена 14.05.2025 | статья опубликована 18.06.2025

Сведения об авторе	Information about the author
<p>Лазуткин Юрий Викторович аспирант кафедры «Строительные конструкции, здания и сооружения» РУТ МИИТ Адрес: ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», 127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9 ORCID: 0009-0006-0564-3912 E-mail: LazutkinYV@mtp.mos.ru</p>	<p>Lazutkin Yuriy Viktorovich Graduate Student at the Department «Building Structures, Buildings and Facilities», RUT MIIT Address: Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Russian University of Transport», 127994, GSP-4, Moscow, Obraztsova Street, 9, Building 9 E-mail: LazutkinYV@mtp.mos.ru</p>

УДК 624.151.5

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ БЫСТРЫХ ДОГРУЖЕНИЙ СТАЛЬНЫХ ЖЕСТКИХ ФУНДАМЕНТОВ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

М. И. Дьяков

Б. Ю. Барыкин

И. М. Дьяков

Институт «Академия строительства и архитектуры» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» (г. Симферополь)

Аннотация. Стальные фундаменты широко используются в различных областях промышленности и строительства, включая энергетику, телекоммуникации, транспортную инфраструктуру. Одним из наименее изученных внешних воздействий является быстрое догружение, когда происходит резкое увеличение нагрузки, при этом скорость увеличения превышает скорость перераспределения напряжений в грунте, но не вызывает динамических эффектов. В работе представлены результаты эксперимента, целью которых является оценка взаимодействия отдельно стоящих стальных фундаментов с основанием при быстром догружении от эксплуатационной нагрузки различного уровня. Выявлено существенное изменение напряженно-деформированного состояния силового взаимодействия фундамента с основанием при таком типе внешнего воздействия.

Ключевые слова: стальной фундамент, транспортное строительство, быстрое догружение, медленное догружение, напряженно-деформированное состояние.

EXPERIMENTAL DATA ON RAPID LOADING OF STEEL RIGID FOUNDATIONS IN TRANSPORTATION CONSTRUCTION

M. I. Dyakov

B. Yu. Barykin

I. M. Dyakov

Institute «Academy of Construction and Architecture» of V. I. Vernadsky Crimean Federal University (Simferopol)

Abstract. Steel foundations are widely used in various sectors of industry and construction, including energy, telecommunications, and transportation infrastructure. One of the least studied external impacts is «rapid loading», which occurs when there is a sharp increase in load, where the rate of increase exceeds the rate of stress redistribution in the soil but does not cause dynamic effects. This paper presents experimental results aimed at evaluating the interaction of individual steel foundations with their base under rapid loading from operational loads of various levels. The study reveals significant changes in the stress-strain state of the force interaction between the foundation and its base under this type of external impact.

Keywords: steel foundation, transportation construction, rapid loading, slow loading, stress-strain state.

Введение

В условиях сложного рельефа местности, например Крыма и Кавказа, инженерно-геологические риски, такие как оползни, обрушения

откосов и селевые потоки, могут существенно влиять на устойчивость зданий и сооружений транспортной инфраструктуры. Экзогенные про-

цессы активизируются из-за геоморфологических особенностей региона и климатических воздействий (ливни, землетрясения, эрозия), а также из-за антропогенной нагрузки (стройка, вырубка лесов, изменение гидрологического режима). Для транспортных объектов в таких условиях особенно важно комплексное проектирование с учетом всех геологических и техногенных рисков [1–4].

Металлические фундаменты широко используются в различных областях промышленности и строительства, включая энергетику, телекоммуникации, транспортную инфраструктуру. Они применяются для крепления фланцевых опор в высотных линиях электропередачи, для установки световых и сигнальных опор на дорогах и автомобильных магистралях, а также для поддержки антенн и вышек связи и др.

Металлические фундаменты в транспортном строительстве применяются в разных местах, например при установке светофоров на железнодорожном транспорте, а также для установки перед железнодорожными переездами и на дорогах общего пользования; для фиксирующих опор при прокладке воздухопроводных сетей надземным методом; при установке водопропускных труб, обеспечивающих беспрепятственный пропуск паводковых и ливневых вод сквозь насыпи железнодорожных путей и автомобильных трасс, и др.

Описание стального фундамента для плоских опор металлической транспортной эстакады (рис. 1 а) указывает на его применение в сложных условиях, таких как: структурно-неустойчивые грунты, когда фундамент обеспечивает устойчивость даже при слабых или подвижных

грунтах; большая скорость течения водотока и противостояние гидродинамическим нагрузкам; уменьшение подмостового габарита, что особенно важно при реконструкции мостов по старой оси, где требуется минимизировать вмешательство в существующую инфраструктуру.

Ключевые особенности разработанной конструкции:

- 1) использование консольного крана позволяет монтировать опоры без необходимости возведения временных опорных конструкций, что особенно важно в стесненных условиях или над водными преградами;
- 2) плоские опоры могут быть более компактными и эффективными по сравнению с массивными традиционными опорами;
- 3) стальная конструкция обеспечивает высокую прочность, коррозионную стойкость (при соответствующей защите) и возможность сборки в сложных условиях [5].

В работе авторов [6] разработан стальной фундамент для башни радиорелейной связи (РРЛ) в Приморском крае при строительстве транспортной магистрали. Заказчик требовал альтернативу железобетонному фундаменту с минимальным использованием бетона, высокой мобильностью и возможностью доставки вертолетом в труднодоступные районы.

Конструкция стального фундамента состоит из сталебетонной плиты толщиной 550 мм, стального листа толщиной 20 мм с приваренными двутавровыми балками, бетонного слоя (В20) для равномерного распределения нагрузки и трубчатых элементов, раскрепляющих опоры и передающих сдвигающие усилия на плиту (рис. 1 б).

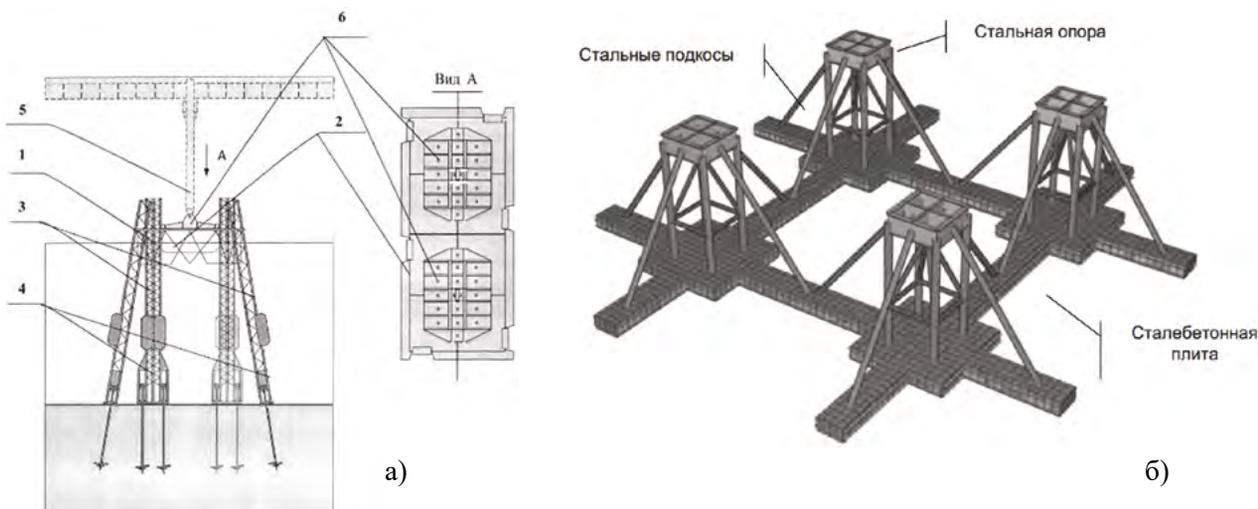


Рис. 1. Стальные фундаменты для объектов транспортной отрасли: а) для установки плоских опор транспортной эстакады, где 1 — автономный фундамент, 2 — платформа, 3 — решетчатые фермы, 4 — винтовая свая, 5 — эстакада, 6 — бабки опоры [5]; б) для башни радиорелейной связи [6]

Преимущества стальных фундаментов заключаются в мобильности доставки вертолетом в виде готовых монтажных блоков для удаленных территорий и труднодоступных мест благодаря модульной конструкции, снижении объема бетона до пяти раз по сравнению с железобетонным вариантом, и коррозионной защите.

Развитие аналитических методов решения геотехнических задач связано также с выявлением новых видов внешнего воздействия, которые приводят к изменению напряженно-деформированного состояния грунтового основания. Прогнозирование влияния новых видов воздействия, возникающих в процессе эксплуатации объектов, обеспечивает надежность и безопасность принятия расчетно-конструктивных проектных решений для оснований и фундаментов, а также оценку безопасности по прочности и деформативности фундаментов на существующие здания и сооружения, и оптимизацию проектного решения.

Одним из направлений исследований является определение напряженно-деформированного

Цель исследования

Экспериментальная оценка взаимодействия отдельно стоящих стальных фундаментов с основанием при быстром догрузении от эксплуатационной нагрузки различного уровня. В данном исследовании «быстрым догруже-

Метод

Экспериментальный метод оценки напряженно-деформированного состояния системы «основание — фундамент» при быстром догрузении основан на формировании эпюры нормальных контактных напряжений в основании

состояния фундаментов при нестандартных (быстрых) догрузениях в условиях строительства, реконструкции, аварийных ситуаций различного характера по сравнению с обычными параметрическими исследованиями во время нормальной эксплуатации. Быстрое догружение фундаментов возникает при перераспределении нагрузки, например при реконструкции транспортных сооружений с переносом веса на новые фундаменты, и аварийных ситуациях, таких как разрушение колонн каркасных зданий, внезапные просадки оснований.

Недостаточная изученность влияния быстрого догружения на взаимодействие отдельно стоящих фундаментов с грунтовым основанием, отсутствие обоснованных методик расчета определяют актуальность представленных исследований. Современная нормативно-правовая база в области проектирования зданий и сооружений транспортного назначения не учитывает такое внешнее воздействие, как быстрое догружение.

нием» называется резкое увеличение нагрузки на фундамент, скорость которого превышает скорость перераспределения напряжений в грунте, но не вызывает динамических эффектов.

после приложения нагрузки, которая длится не менее 15 минут и может приводить к увеличению силового воздействия напряжений на фундамент, изменяя значительно величину осадки.

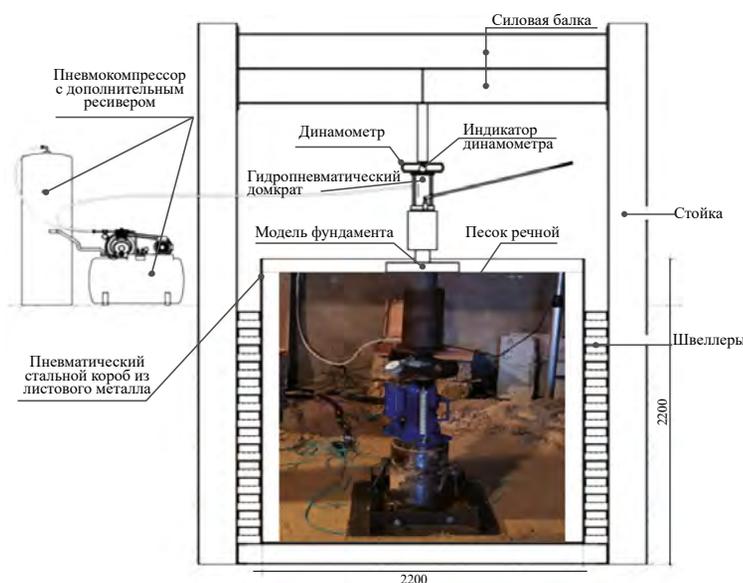


Рис. 2. Установка для проведения испытаний опытного образца стального фундамента.

Источник: авторы исследования

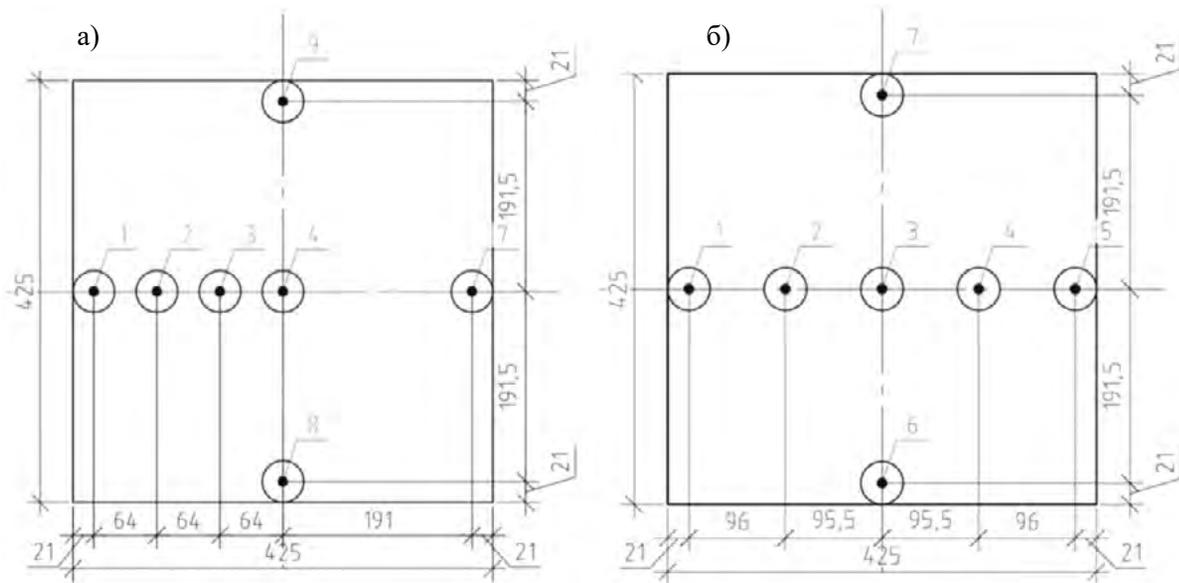


Рис. 3. Схема расположения месдоз в экспериментах: а) схема 1, б) схема 2. Источник: авторы исследования

Методика эксперимента базируется на результатах предварительных испытаний образцов фундаментов из железобетона, которые ранее опубликованы авторами в работах [7–9]. В связи с образованием многочисленных трещин и остаточных деформаций при испытаниях железобетонных моделей фундаментов и отсутствием возможности их многократного догружения, выбор металлической модели обусловлен необходимостью многократного использования конструкции. Для детального изучения влияния быстрого нагружения на распределение давления под фундаментом и его осадку были проведены дополнительные эксперименты с металлической моделью размерами в плане 425 × 425 мм (рис. 2.5), подошва которой была покрыта цементно-песчаной смесью для создания трения [9]. Физико-механические характеристики грунтового основания: плотность кварцевого песка от 17,5 до 18,2 кН/м³, влажность в пределах 0,04...0,06 и мощность слоя 1,9 м.

Оборудование, используемое в эксперименте: пневмогидравлический домкрат Т21012 АЕ&Т грузоподъемностью 12 т в комплекте с компрессором Forse, дополнительным ресивером 250 л. На стадии медленного нагружения использовался механический привод домкрата, обеспечивающий скорость увеличения нагрузки 0,003...0,006 МПа/мин с выдержкой нагрузки 15 минут.

Расположение датчиков давления (месдоз): датчики размещались в двух вариантах (рис. 3): схема 1 — аналогично железобетонным моде-

лям (более плотное расположение), схема 2 — с меньшей плотностью для снижения концентрации напряжений (из-за меньших размеров металлической модели). Результаты показали, что показания датчиков практически не зависят от выбранной схемы расположения.

Ключевыми моментами в планировании экспериментов стало то, что скорость нагружения контролировалась очень точно (доли МПа в минуту), выдержка нагрузки позволяла стабилизировать показания, а разница в расположении датчиков не оказала значимого влияния на результаты измерений, что говорит о допустимости обоих вариантов.

Нагружение осуществлялось по четырем уровням догружения от 68 кН до 22 кН, т. е. в количестве 85%, 75%, 40% и 30% от несущей способности основания.

Перед быстрым догружением, скорость которого в экспериментах составляла 0,11 МПа/мин, создавалась медленная нагрузка, составляющая 10%, 30% и 50% от конечной нагрузки быстрого догружения. Далее были проведены исследования с медленным нагружением до тех же уровней.

При медленном нагружении нагрузка увеличивалась ступенями по 10% от заданной, с выдержкой на каждой ступени не менее 15 минут. Время набора нагрузки на каждой ступени составляло не менее 5 минут, а после достижения заданной нагрузки при быстром догружении, усилие поддерживалось на постоянном уровне во время измерений [7–9].

Результаты и обсуждение

На рис. 4 и 5 представлены лишь некоторые результаты в виде графиков взаимозависимости параметрических данных при быстром догрузении стальных фундаментов. Так, на рис. 4 а получено изменение нормальных контактных напряжений по ширине модели фундамента при $N = 60$ кН после медленного и быстрого догрузений. Как видно из графика, эпюра имеет стреловид-

ную форму с наибольшим соотношением максимальной ординаты, расположенной под центром подошвы. На рис. 4 б — изменение нормальных контактных напряжений во времени от нагрузки с 22 кН до 31,1 кН и фиксации внешней нагрузки в краевой зоне, между краевой зоной и центром и в точке под центром подошвы.

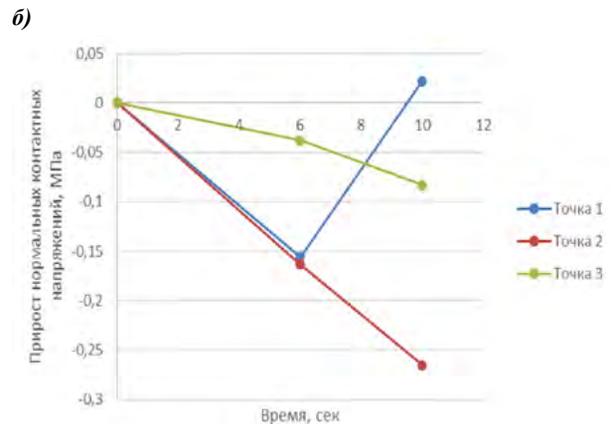
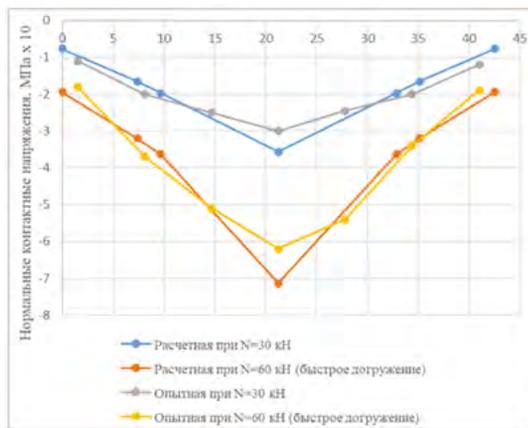


Рис. 4. Графики взаимозависимости параметрических данных при быстром догрузении стальных фундаментов: а) изменение нормальных контактных напряжений по ширине модели фундамента при $N=60$ кН после медленного и быстрых догрузений; б) изменение нормальных контактных напряжений во времени от 22 кН до 31,1 кН и фиксации внешней нагрузки (точка 1 — краевая зона, точка 2 — между краевой зоной и центром, точка 3 — под центром подошвы). Источник: авторы исследования

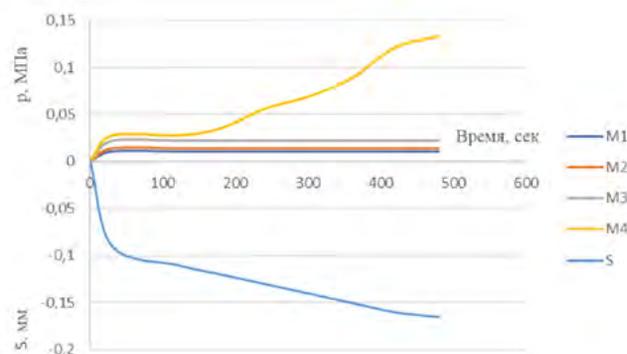


Рис. 5. График зависимости нормальных контактных напряжений во времени в местах замеров месдоз М1, М2, М3 и М4 и осадки при догрузении с 15 кН до 60 кН. Источник: авторы исследования

Как видно из рис. 5, на графике зависимости нормальных контактных напряжений во времени в местах замеров месдоз наиболее интенсивная осадка наблюдалась в первые 30 секунд. После

7 минут выдержки под нагрузкой процесс осадки существенно замедлился. Общая осадка за 8 минут составила 0,16 мм.

Заключение

В результате исследований установлено, что быстрое догрузение стальных фундаментов приводит к значительному изменению осадки и перераспределению контактных напряжений в грунтовом основании. Наибольшая скорость осадки наблюдалась в первые 30 секунд, а после 7 минут процесс стабилизировался. Общая осадка за 8 минут составила 0,16 мм. Быстрое нагружение также снижает несущую способность

фундамента, что необходимо учитывать при проектировании. Для прогнозирования этих эффектов разработаны алгоритм и методика расчета [9–10], позволяющие оценивать влияние догрузения на стадии проектирования [9–10].

В современной нормативно-правовой базе в области проектирования зданий и сооружений транспортного назначения, не учитывающей такое внешнее воздействие как быстрое догруже-

ние, необходимо в дальнейшем предусматривать мероприятия по снижению эксплуатационных рисков в области транспортного строительства за счет проведения системами слежения геотехнического мониторинга склонов и оснований перед строительством и реконструкцией; укрепления откосов противооползневыми сооруже-

ниями, дренажными системами; постепенного нагружения фундаментов при реконструкции, избегая резких перераспределений нагрузки; расчета устойчивости с учетом возможных динамических воздействий (сейсмика, вибрации, подтопления и т. д.) [11–19].

Список литературы

1. Фильтрационная устойчивость грунтовых перемычек плотин как временных гидротехнических сооружений / В. С. Федоров, Н. В. Купчикова, С. С. Рекунов, И. В. Федосюк // *Строительство и реконструкция*. — 2024. — № 5 (115). — С. 44-60. — DOI 10.33979/2073-7416-2024-115-5-44-60. — EDN BVHOSI.

2. Федоров В. С. Об организации опытно-экспериментальной работы в ходе исследования влияния комплексности вибровоздействий наземного и подземного транспорта на здания и сооружения / В. С. Федоров, Н. В. Купчикова, Ю. В. Лазуткин // *Инженерно-строительный вестник Прикаспия*. — 2024. — № 1 (47). — С. 95-100. — DOI 10.52684/2312-3702-2024-47-1-95-100. — EDN AVTRYO.

3. Купчикова Н. В. Численный анализ обеспечения устойчивости насыпей при реконструкции транспортной инфраструктуры / Н. В. Купчикова // *Инженерно-строительный вестник Прикаспия*. — 2024. — № 4 (50). — С. 70-77. — DOI 10.52684/2312-3702-2024-50-4-70-77. — EDN KPOZSU.

4. Купчикова Н. В. Свайные фундаменты с несколькими уширениями для слабых и структурно неустойчивых оснований. Часть 1 / Н. В. Купчикова // *Инженерно-строительный вестник Прикаспия*. — 2023. — № 4 (46). — С. 81-86. — DOI 10.52684/2312-3702-2023-45-3-81-86. — EDN CLDGEX.

5. Патент на полезную модель № 190659 U1 Российская Федерация, МПК E01D19/04. Автономный фундамент для установки плоских опор металлической эстакады: № 2019114291: заявл. 07.05.2019; опубл. 08.07.2019 / А. Ю. Федоров, О. И. Пак, Ю. В. Фатюшин; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева». — EDN ECRKAZ.

6. Колесов А. И. Стальной фундамент для башни РРЛ на Дальнем Востоке / А. И. Колесов, И. А. Ямбаев, В. В. Ребров // *Великие реки* — 2013:

Труды конгресса 15-го Международного научно-промышленного форума: в 3-х томах, Нижний Новгород, 15–18 мая 2013 года / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. Том 1. — Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2013. — С. 203-206. — EDN UNQWNF.

7. Дьяков И. М. Исследование взаимодействия отдельно стоящих фундаментов с песчаным основанием при быстрых догружениях / И. М. Дьяков, М. И. Дьяков // *Транспортные сооружения*. — 2024. — Т. 11, № 2. — DOI 10.15862/12SATS224. — EDN TCLPYG.

8. Дьяков И. М. Силовое взаимодействие отдельно стоящих фундаментов с основанием при быстром догружении / И. М. Дьяков, М. И. Дьяков // *Строительство и реконструкция*. — 2024. — № 3 (113). — С. 21-30. — DOI 10.33979/2073-7416-2024-113-3-21-30. — EDN NKDLQE.

9. Дьяков И. М. Планирование экспериментальных исследований работы системы «фундамент — основание» при внезапных догружениях / И. М. Дьяков, М. И. Дьяков, Б. Ю. Барыкин // *Строительство и техногенная безопасность*. — 2020. — № 19 (71). — С. 5-12. — DOI 10.37279/2413-1873-2020-19-5-12. — EDN LHNLGA.

10. Diakov I. N. Experimental studies of the «foundation — soil» system operation with sudden loading / I. N. Diakov, N. V. Tsarenko, M. I. Diakov // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. — 2020. — Vol. 913, № 2. — P. 022064. — DOI 10.1088/1757-899x/913/2/022064. — EDN LJUMTZ.

11. Шаповалова И. С. Техносфера России: проблемы развития и риски / И. С. Шаповалова // *Вестник Института социологии*. — 2016. — № 3 (18). — С. 112-137. — DOI 10.19181/vis.2016.18.3.416. — EDN WXBKVR.

12. Комплексное исследование влияния рисков природных и техногенных чрезвычайных ситуаций на безопасность жизнедеятельности населения Республики Крым и г. Севастополя / А. В. Верескун, Т. Ш. Файзулин, И. Ю. Олтян

[и др.].—Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, 2015.— 208 с.— ISBN978-5-93970-145-7.— EDN UIIBJD.

13. Федоров В. С. Строительные конструкции: Учебник / В. С. Федоров, Я. И. Швидко, В. Е. Левитский.—Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «КноРус», 2022.— 332 с.— ISBN978-5-406-09567-6.— EDN MRHSHM.

14. Федоров В. С. Комплексный подход к исследованию конструктивно-технологической безопасности столицы Каспия России как циклично-биосферосовместимого города / В. С. Федоров, Т. В. Золина, Н. В. Купчикова // Каспий и глобальные вызовы: Материалы Международной научно-практической конференции, Астрахань, 23-24 мая 2022 года / Составители: О. В. Новиченко [и др.].—Астрахань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Астраханский государственный университет», 2022.— С. 752-759.— EDN GDMNSG.

15. Travush V. I. Theoretical Substantiation of the Mechanism Patterns of the Manmade Base «Structural Geotechnical Solid» / V. I. Travush, V. S. Fedorov, O. A. Makovetskiy // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering.— 2020.— Vol. 16, № 4.— pp. 103-110.— DOI 10.22337/2587-9618-2020-16-4-103-110.— EDN LCMGYD.

16. Патрикеев А. В. Проектирование зданий и сооружений, эксплуатируемых в особых услови-

ях / А. В. Патрикеев.—Москва: Российский университет транспорта, 2019.— 97 с.— ISBN978-5-7473-0984-5.— EDN FBPLJA.

17. Полянский Н. А. Прогрессирующее (лавинообразное) разрушение зданий и сооружений / Н. А. Полянский // Аспирантские чтения: Сборник научных статей аспирантов ИПСС РУТ (МИИТ) / Под общей редакцией Т. В. Шепитько. Выпуск 3.—Москва: Издательство «Перо», 2020.— С. 60-64.— EDN NWTAZX.

18. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024615775 Российская Федерация. Слоистая система «Здание — Основание»: заявл. 27.02.2024: опубл. 13.03.2024 / С. Ю. Иванов, С. С. Рекунов, В. А. Пшеничкина [и др.].— EDN PSFRXR.

19. Dushko O. Research of the Brittleness and Crack Resistance of Samples Made of Highly Hardened Silicon Carbide Ceramics / O. Dushko, G. Voronkova, S. Rekunov // Key Engineering Materials.— 2022.— Vol. 909 KEM.— pp. 13-20.— DOI 10.4028/p-1z718k.— EDN TDTOQK.

20. Voronkova G. Reconstruction of a hotel complex building part, taking into account the volumetric planning solution changes / G. Voronkova, S. S. Rekunov, A. Churakov // E3S Web of Conferences: IV International Scientific Conference «Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development» (CATPID-2021 Part 1), Nalchik, Russian Federation, 1-5 июля 2021 года. Vol. 281.— Nalchik, Russian Federation: EDP Sciences — Web of Conferences, 2021.— P. 01018.— DOI 10.1051/e3sconf/202128101018.— EDN ZBNQPH.

References

1. Fedorov V. S., Kupchikova N. V., Rekunov S. S., Fedosyuk I. V. Fil'tratsionnaya ustoichivost' gruntovykh peremychek plotin kak vremennykh gidrotekhnicheskikh sooruzhenii [Filtration Stability of Soil Cofferdams of Dams as Temporary Hydraulic Structures]. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya* [Construction and Reconstruction].— 2024, № 5 (115),— pp. 44–60. DOI 10.33979/2073–7416–2024–115–5–44–60. EDN BVHOSI.

2. Fedorov V. S., Kupchikova N. V., Lazutkin Yu. V. Ob organizatsii opytно-eksperimental'noi raboty v khode issledovaniya vliyaniya kompleksnosti vibrovozdeistviya nazemnogo i podzemnogo transporta na zdaniya i sooruzheniya [On the Organization of Experimental Work During the Study of the Influence of Complex Vibration Effects of Surface and Underground Transport on Buildings

and Structures]. *Inzhenerno-stroitel'nyĭ vestnik Prikaspiya* [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region].— 2024, № 1 (47),— pp. 95–100. DOI 10.52684/2312–3702–2024–47–1–95–100. EDN AVTRYO.

3. Kupchikova N. V. Chislennyĭ analiz obespecheniya ustoichivosti nasypeĭ pri rekonstruktsii transportnoĭ infrastruktury [Numerical Analysis of Ensuring Embankment Stability During Transportation Infrastructure Reconstruction]. *Inzhenerno-stroitel'nyĭ vestnik Prikaspiya* [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region].— 2024, № 4 (50),— pp. 70–77. DOI 10.52684/2312–3702–2024–50–4–70–77. EDN KPOZSU.

4. Kupchikova N. V. Svaĭnye fundamenty s neskol'kimi ushireniami dlya slabykh i strukturno neustoichivykh osnovaniĭ. Chast' 1 [Pile Foundations

with Multiple Widening for Weak and Structurally Unstable Bases. Part 1]. *Inzhenerno-stroitel'nyĭ vestnik Prikaspiya* [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region].— 2023, № 4 (46),— pp. 81–86. DOI 10.52684/2312–3702–2023–45–3–81–86. EDN CLDGEX.

5. Fedorov A. Yu., Pak O. I., Fatyushin Yu. V. Avtonomnyĭ fundament dlya ustanovki ploskikh opor metallicheskoĭ estakady [Autonomous Foundation for Installation of Flat Supports of Metal Overpass]. Patent for utility model No. 190659 U1 Russian Federation, IPC E01D19/04. No. 2019114291: filed 07.05.2019; published 08.07.2019. EDN ECRKAZ.

6. Kolesov A. I., Yambaev I. A., Rebrov V. V. Stal'noĭ fundament dlya bashni RRL na Dal'nem Vostoke [Steel Foundation for Radio Relay Tower in the Far East]. *Velikie reki*— 2013: Trudy kongressa 15-go Mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma [Great Rivers—2013: Proceedings of the 15th International Scientific and Industrial Forum Congress]. Vol. 1. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.— 2013,— pp. 203–206. EDN UNQWNF.

7. Dyakov I. M., Dyakov M. I. Issledovanie vzaimodeĭstviya otdel'no stoyashchikh fundamentov s peschanyĭ osnovaniem pri bystrykh dogruzhenyakh [Investigation of Interaction of Individual Foundations with Sandy Base Under Rapid Loading]. *Transportnye sooruzheniya* [Transport Structures].— 2024, vol. 11, № 2. DOI 10.15862/12SATS224. EDN TCLPYG.

8. Dyakov I. M., Dyakov M. I. Silovoe vzaimodeĭstvie otdel'no stoyashchikh fundamentov s osnovaniem pri bystrom dogruzhenii [Force Interaction of Individual Foundations with Base Under Rapid Loading]. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya* [Construction and Reconstruction].— 2024, № 3 (113),— pp. 21–30. DOI 10.33979/2073–7416–2024–113–3–21–30. EDN NKDLQE.

9. Dyakov I. M., Dyakov M. I., Barykin B. Yu. Planirovanie eksperimental'nykh issledovaniĭ raboty sistemy «fundament—osnovanie» pri vnezapnykh dogruzhenyakh [Planning Experimental Studies of the «Foundation—Base» System Operation Under Sudden Loading]. *Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'* [Construction and Technogenic Safety].— 2020, № 19 (71),— pp. 5–12. DOI 10.37279/2413–1873–2020–19–5–12. EDN LHNLGA.

10. Diakov I. N., Tsarenko N. V., Diakov M. I. Experimental studies of the «foundation—soil» system operation with sudden loading. IOP Conference Series: Materials Science and Engi-

neering.— 2020, vol. 913, № 2,— p. 022064. DOI 10.1088/1757–899x/913/2/022064. EDN LJUMTZ.

11. Shapovalova I. S. Tekhnosfera Rossii: problemy razvitiya i riski [Russia's Technosphere: Development Problems and Risks]. *Vestnik Instituta sotsiologii* [Bulletin of the Institute of Sociology].— 2016, № 3 (18),— pp. 112–137. DOI 10.19181/vis.2016.18.3.416. EDN WXBKVR.

12. Vereskun A. V., Faizulin T. Sh., Oltyan I. Yu. et al. Kompleksnoe issledovanie vliyaniya riskov prirodnykh i tekhnogennykh chrezvychnykh situatsii na bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti naseleniya Respubliki Krym i g. Sevastopolya [Comprehensive Study of the Impact of Natural and Technogenic Emergency Risks on Life Safety of the Population of the Republic of Crimea and Sevastopol]. Moscow: All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergency Situations of EMERCOM of Russia.— 2015.— 208 p. ISBN978–5–93970–145–7. EDN UIIBJD.

13. Fedorov V. S., Shvidko Ya. I., Levitsky V. E. Stroitel'nye konstruksii: Uchebnik [Building Structures: Textbook]. Moscow: KnoRus Publishing House LLC.— 2022.— 332 p. ISBN978–5–406–09567–6. EDN MRHSHM.

14. Fedorov V. S., Zolina T. V., Kupchikova N. V. Kompleksnyĭ podkhod k issledovaniyu konstruktivno-tekhnologicheskoi bezopasnosti stolitsy Kaspiya Rossii kak tsiklichnogo biosferosovmestimogo goroda [Comprehensive Approach to the Study of Structural and Technological Safety of Russia's Caspian Capital as a Cyclic Biosphere-Compatible City]. *Kaspiĭ i global'nye vyzovy: Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [The Caspian and Global Challenges: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. Astrakhan: Astrakhan State University.— 2022,— pp. 752–759. EDN GDMNSG.

15. Travush V. I., Fedorov V. S., Makovetskiy O. A. Theoretical Substantiation of the Mechanism Patterns of the Manmade Base «Structural Geotechnical Solid». *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*, 2020, vol. 16, № 4,— pp. 103–110. DOI 10.22337/2587–9618–2020–16–4–103–110. EDN LCMGYD.

16. Patrikeev A. V. Proektirovanie zdaniĭ i sooruzhenĭ, ekspluatiruemyykh v osobykh usloviyakh [Design of Buildings and Structures Operated Under Special Conditions]. Moscow: Russian University of Transport.— 2019.— 97 p. ISBN978–5–7473–0984–5. EDN FBPLJA.

17. Polyansky N. A. Progressivnyy (lavinopodobnyy) razrushenie zdaniĭ i sooruzhenĭ [Progressive (Avalanche-Like) Destruction of Buildings and Structures]. *Aspirantskie chteniya: Sbornik nauchnykh stateĭ aspirantov IPSS RUT (MIIT)*

[Graduate Readings: Collection of Scientific Articles by Graduate Students of IPSS RUT (МИИТ)]. Issue 3. Moscow: Pero Publishing House.— 2020,— pp. 60–64. EDN NWTAZX.

18. Ivanov S. Yu., Rekunov S. S., Pshenichkina V. A. et al. Sloistaya sistema «Zdanie — Osnovanie» [Layered System «Building — Foundation»]. Certificate of state registration of computer program No. 2024615775 Russian Federation: filed 27.02.2024: published 13.03.2024. EDN PSFRXR.

19. Dushko, O., Voronkova, G., Rekunov, S. Research of the Brittleness and Crack Resistance of Samples Made of Highly Hardened Silicon Carbide

Ceramics. Key Engineering Materials.— 2022, vol. 909 KEM,— pp. 13–20. DOI 10.4028/p-1z718k. EDN TDTOQK.

20. Voronkova G., Rekunov S. S., Churakov A. Reconstruction of a hotel complex building part, taking into account the volumetric planning solution changes. E3S Web of Conferences: IV International Scientific Conference «Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development» (CATPID-2021 Part 1). Vol. 281. Nalchik, Russian Federation: EDP Sciences— Web of Conferences.— 2021,— p. 01018. DOI 10.1051/e3sconf/202128101018. EDN ZBNQPH.

Статья получена 14.05.2025 | статья опубликована 18.06.2025

Сведения об авторах	Information about the authors
<p>Дьяков Михаил Игоревич ассистент кафедры «Информационного моделирования в строительстве» института «Академия строительства и архитектуры» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» Адрес: Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 181 ORCID: 0009-0005-2342-7036 E-mail: dyakov.info.aca@yandex.ru</p>	<p>Dyakov Mikhail Igorevich Assistant of the Department «Information Modeling in Construction» at the Institute «Academy of Construction and Architecture» in «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» Address: Republic of Crimea, Simferopol, Kievskaya Street, 181 ORCID: 0009-0005-2342-7036 E-mail: dyakov.info.aca@yandex.ru</p>
<p>Барыкин Борис Юрьевич кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции» института «Академия строительства и архитектуры» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» Адрес: Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 181 ORCID: 0000-0002-7346-7977 E-mail: dekan.asf@mail.ru</p>	<p>Barykin Boris Yurievich Candidate of Technical Sciences (Ph.D. in Engineering), Associate Professor of the Department «Building Structures» at the Institute «Academy of Construction and Architecture» in «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» Address: Republic of Crimea, Simferopol, Kievskaya Street, 181 ORCID: 0000-0002-7346-7977 E-mail: dekan.asf@mail.ru</p>
<p>Дьяков Игорь Михайлович кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Геотехника и конструктивные элементы зданий» института «Академия строительства и архитектуры» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» Адрес: Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 181 ORCID: 0000-0003-0636-6401 E-mail: karta3@mail.ru</p>	<p>Dyakov Igor Mikhailovich Candidate of Technical Sciences (Ph.D. in Engineering), Associate Professor, Head of Department «Geotechnics and Structural Elements of Buildings» at the Institute «Academy of Construction and Architecture» in «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» Address: Republic of Crimea, Simferopol, Kievskaya Street, 181 ORCID: 0000-0003-0636-6401 E-mail: karta3@mail.ru</p>

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ И АППАРАТ ОБОБЩЕННЫХ ФУНКЦИЙ В ОЦЕНКЕ ВИБРАЦИЙ ТОННЕЛЯ МЕТРО ВЬЕТНАМА ПРИ ДВИЖЕНИИ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ СИЛ

Нгуен Чонг Там

Хошиминский университет транспорта, г. Хошимин (Вьетнам)

Аннотация. В статье выполнена оценка вибраций тоннеля метрополитена, вызванных движением сосредоточенных сил с использованием математического аппарата, включающего преобразование Фурье и теорию обобщенных функций. Основоположителем теории является д. т. н., профессор Российского университета транспорта Е. Н. Курбачкий. Приведен пример решения частного случая задачи по определению прогибов, скорости и ускорения тоннельной обделки типового перегонного тоннеля при движении трех вагонов во Вьетнаме. Первая линия метро Bến Thành— Suối Tiên в Хошимине с максимальной статической нагрузкой брутто колесной пары на рельсы, равной 12 (тс). Выявлено, что стандарты Вьетнама в этой области еще развиваются, так как линия запущена только в 2024 году, они опираются на международный опыт (Россия, Япония, Китай), даны рекомендации зарубежным подрядчикам, участвующим в строительстве.

Ключевые слова: преобразование Фурье, аппарат обобщенных функций, первое метро во Вьетнаме, оценка вибраций тоннеля метро, движение сосредоточенных сил.

THE FOURIER TRANSFORM AND GENERALIZED FUNCTION THEORY IN VIBRATION ASSESSMENT OF VIETNAM METRO TUNNEL UNDER CONCENTRATED FORCE MOVEMENT

Nguyen Trong Tam

Ho Chi Minh City University of Transport, Ho Chi Minh City (Vietnam)

Abstract. The article performs an assessment of metro tunnel vibrations caused by concentrated force movement using mathematical apparatus that includes the Fourier transform and generalized function theory. The founder of this theory is Doctor of Technical Sciences, Professor of Russian University of Transport E. N. Kurbatsky. An example of solving a particular case of the problem for determining deflections, velocity, and acceleration of tunnel lining in a typical running tunnel during the movement of three cars in Vietnam is presented. The first metro line Bến Thành — Suối Tiên in Ho Chi Minh City has a maximum static gross load of wheel pair on rails equal to 12 tons. It was revealed that Vietnamese standards in this field are still developing and rely on international experience (Russia, Japan, China) as the line was launched only in 2024. Recommendations are given to foreign contractors participating in construction.

Keywords: Fourier transform, generalized function theory, first metro in Vietnam, metro tunnel vibration assessment, concentrated force movement.

Введение

Скоростной рельсовый транспорт оказывает значительное воздействие на железнодорожную инфраструктуру, включая грунт, рельсы, плиты, фундаменты близ расположенных зданий, сооружений. При высоких скоростях, особенно когда

они приближаются к критическим скоростям распространения волн в материалах, возникают интенсивные вибрации. Если скорость поезда превышает критическую, что особенно вероятно на мягких грунтах, то это может привести к чрез-

мерным прогибам рельсов и усилению вибраций, создавая риск схода поезда с рельсов.

При проектировании метрополитена учитываются различные нагрузки. К ним относятся нагрузки от наземного транспорта и поездов метро, а также временные строительные нагрузки, такие как давление от домкратов, избыточное давление при проходке под сжатым воздухом, давление от нагнетания раствора, вес строительных материалов и оборудования. Для тоннелей в сейсмоопасных районах, где интенсивность землетрясений составляет 7–9 баллов, учитывается сейсмическое воздействие. Кроме того, для линий мелкого заложения и наземных участков принимаются меры по снижению шума и вибраций, например использование упругих прокладок, экранирующих конструкций и утяжеленных обделок.

При проектировании высокоскоростных железнодорожных линий учитываются два основных типа подвижных нагрузок: нагрузки от высокоскоростных поездов, учитывающие проезд одного или

Метод

В данной работе исследуется влияние скорости движения поезда на вибрации, возникающие в тоннеле. Для этого используется математическая модель, представляющая тоннель в виде балки Эйлера-Бернулли, опирающейся на упругое основание, учитывающее вязкое демпфирование. Поезд моделируется как ряд сосредоточенных сил, представляющих собой давление колес на рельсы.

Для решения задачи применяется математический аппарат, включающий преобразование Фурье и теорию обобщенных функций. Расчет прогиба, скорости и ускорения любой точки балки осуществляется с помощью обратного преобразования Фурье. При вычислении интегралов используется метод вычетов. Поезд представляется в виде последовательности сосредоточенных сил, движущихся с постоянной скоростью V . Каждая сила соответствует давлению колеса на рельс, тоннель моделируется как бесконечная балка

двух поездов на проектной скорости (до 350 км/ч), в расчетах которых используются силы от давления осей поездов или эквивалентные нагрузки, и нагрузки от проезда поезда обслуживания, классифицирующиеся как класс 8,0 (С8). Для обеспечения безопасности на скоростях свыше 300 км/ч применяются гасители угловых колебаний.

При расчете вибрационных нагрузок, возникающих в тоннеле от движущихся сосредоточенных сил (например, от поезда), удобно использовать преобразование Фурье и обобщенные функции (такие как дельта-функция Дирака). Это позволяет перейти от временного описания нагрузки к частотному, что упрощает анализ динамического отклика.

Целью исследования является оценка вибраций тоннеля метрополитена, вызванных движением сосредоточенных сил с использованием математического аппарата, включающего преобразование Фурье и теорию обобщенных функций.

на упругом основании (модель Винклера) [1–9].

Проблема вибраций, возникающих в тоннелях мелкого заложения при движении поездов, особенно актуальна в городских условиях, так как эти вибрации могут негативно влиять на близлежащие здания. Вибрации в тоннеле вызываются различными факторами, включая вес поезда, ударное взаимодействие колес и рельсов, а также колебания вагонов и двигателей.

В этом исследовании мы сосредоточимся на вибрациях, вызванных исключительно весом поезда. Для упрощения анализа тоннель моделируется как балка, опирающаяся на грунт, который ведет себя как вязкоупругий материал. Характеристики этого грунта, включая его жесткость (коэффициент постели) и способность поглощать энергию (коэффициент вязкого демпфирования), отражают упругие свойства почвы и то, как она гасит вибрации.

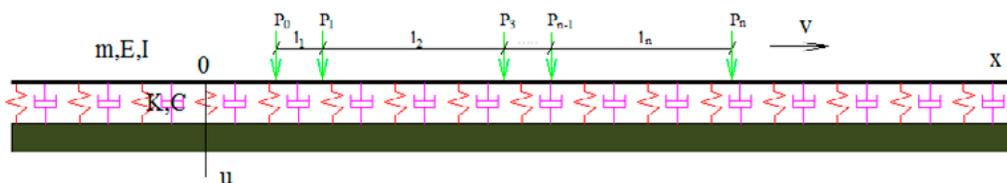


Рис. 1. Расчетная схема. Источник: автор исследования

Дифференциальное уравнение балки Эйлера-Бернулли на вязко-упругом основании имеет вид [10]:

$$EI \frac{\partial^4 u}{\partial x^4} + Ku + m \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + C \frac{\partial u}{\partial t} = \sum_{j=1}^n P_j \delta(x + l_j - Vt) \quad (1)$$

где: u — прогиб балки, x — координата направления движения подвижной нагрузки, t — время, EI — жесткость балки, E — модуль Юнга, I — момент инерции балки, m — массовая единица балки, K — коэффициент постели основания, C — коэффициент вязкого демпфирования основания, P_j — j -я нагрузка, ω_0 — круговая частота колебания нагрузки, $\delta(x+l_j-Vt)$ — дельта-функция Дирака, V — скорость движения поезда, l_j — расстояние от j -й нагрузки до самой левой силы, n — число колес.

Вязкое демпфирование грунта определены по формулам СП 23–105–2004 «Оценка вибрации при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов метрополитена»:

$$C = \rho\alpha = \sqrt{\rho E \frac{1-\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}} \quad (2)$$

где: ρ , кг/м³ — плотность грунта, E , Па — модуль упругости и ν — коэффициент Пуассона грунта.

Применив преобразование Фурье [12] к уравнению (1) по двум переменным, получим:

$$(EIv^4 + K - m\omega^2 - iC\omega)\tilde{U}(v, \omega) = 2\pi \sum_{j=1}^n P_j \exp(-ivl_j) \delta(vV + \omega) \quad (3)$$

где: v, ω — параметры преобразования Фурье.

$$\tilde{U}(v, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} u(x, t) \exp(ivx) \exp(i\omega t) dx dt \quad \text{— изображение Фурье прогиба балки.}$$

Из уравнения (3) следует:

$$\tilde{U}(v, \omega) = \frac{2\pi \sum_{j=1}^n P_j \exp(-ivl_j) \delta(vV + \omega)}{(EIv^4 + K - m\omega^2 - iC\omega)} \quad (4)$$

Скорости и ускорения балки в области частот [13] равны:

$$\begin{aligned} \tilde{\dot{U}}(v, \omega) &= -\frac{2\pi i \sum_{j=1}^n P_j \omega \exp(-ivl_j) \delta(vV + \omega)}{EIv^4 + K - m\omega^2 - iC\omega} \\ \tilde{\ddot{U}}(v, \omega) &= -\frac{2\pi \sum_{j=1}^n P_j \omega^2 \exp(-ivl_j) \delta(vV + \omega)}{EIv^4 + K - m\omega^2 - iC\omega} \end{aligned} \quad (5)$$

Выполнив обратное преобразование Фурье (3), (4) и (5) по двум переменным с использованием теории вычетов [14], получим:

$$u(x, t) = \begin{cases} i \sum_{\text{Im } v > 0} \frac{\sum_{j=1}^n P_j \exp(-i(x+l_j-Vt)v)}{4EIv^3 - 2mV^2v + iCV}, & \text{при } x+l_j-Vt < 0 \\ -i \sum_{\text{Im } v < 0} \frac{\sum_{j=1}^n P_j \exp(-i(x+l_j-Vt)v)}{4EIv^3 - 2mV^2v + iCV}, & \text{при } x+l_j-Vt > 0 \end{cases} \quad (6)$$

$$\dot{u}(x, t) = \begin{cases} -V \sum_{\text{Im } v > 0} \frac{\sum_{j=1}^n P_j v \exp(-i(x+l_j-Vt)v)}{4EIv^3 - 2mV^2v + iCV}, & \text{при } x+l_j-Vt < 0 \\ V \sum_{\text{Im } v < 0} \frac{\sum_{j=1}^n P_j v \exp(-i(x+l_j-Vt)v)}{4EIv^3 - 2mV^2v + iCV}, & \text{при } x+l_j-Vt > 0 \end{cases}$$

$$\ddot{u}(x,t) = \begin{cases} -iV^2 \sum_{\text{Im } v > 0} \frac{\sum_{j=1}^n P_j v^2 \exp(-i(x+l_j - Vt)v)}{4EIV^3 - 2mV^2v + iCV}, & \text{при } x+l_j - Vt < 0 \\ iV^2 \sum_{\text{Im } v < 0} \frac{\sum_{j=1}^n P_j v^2 \exp(-i(x+l_j - Vt)v)}{4EIV^3 - 2mV^2v + iCV}, & \text{при } x+l_j - Vt > 0 \end{cases}$$

где v — корни уравнения:

$$EIV^4 - mV^2v^2 + iCVv + K = 0. \quad (7)$$

Результаты и обсуждение

Во Вьетнаме при строительстве линий метрополитена в Ханое и Хошимине используют перегонные тоннели. В каждой линии предусмотрены параллельные участки, которые сооружаются проходческими щитами, особенно когда традиционные горные методы строительства оказываются непрактичными или слишком затратными из-за сложных геологических условий. Максимальная скорость в подземке Вьетнама составляет 80 км/ч, но обычно состав движется со скоростью 50–60 км/ч из-за коротких перегонов между станциями, так как нет смысла разгоняться из-за расстояний между станциями в 1–2 км.

В 2024 году во Вьетнаме начала работу первая линия метро Bến Thành—Suối Tiên в Хошимине. Эта линия использует электропоезда с автоматизированной системой управления (уровень автоматизации GoA2), каждый состав состоит из трех вагонов. При необходимости их количество может быть увеличено до шести. Поезда движутся по стандартной европейской колее шириной 1435 мм. В одном поезде может перевозиться около 930 пассажиров. Вагоны

оборудованы кондиционерами, автоматическими дверями, открывающимися с каждой стороны, а также LCD-экранами, отображающими маршрут и рекламные сообщения. Для удобства маломобильных граждан предусмотрены лифты, тактильная навигация и специальные зоны. Помимо стандартного набора удобств, характерного для метрополитена, вагоны оснащены кондиционерами, мягкими сиденьями и информационными системами. Безопасность обеспечивается автоматическими дверями, видеонаблюдением и вниманием к нуждам пассажиров с ограниченными возможностями и пожилых людей. Поезда оптимизированы для работы в городских условиях и развивают скорость до 110 км/ч в надземных частях колеи.

Выполним решение частного случая задачи по определению прогибов, скорости и ускорения тоннельной обделки типового перегонного тоннеля (рис. 2 и рис. 3) при движении трех вагонов с максимальной статической нагрузкой брутто колесной пары на рельсы, равной 12 (тс) [15], используя полученные выражения.



Рис. 2. Общий вид вагона метро во Вьетнаме [15]

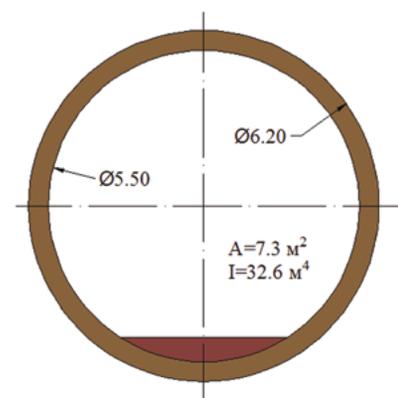


Рис. 3. Поперечное сечение тоннеля для аналитического метода расчета. Источник: автор исследования

Физические характеристики тоннеля и грунта

Параметр	Тоннель	Средние пески
Плотность ρ , кг/м ³	2500	2000
Модуль упругости E , МПа	35000	60
Коэффициент Пуассона	0,3	0,4
Диссипация C , МПа·с/м		0,51
Коэффициент постели K , МПа/м		70

Уровни вибрации определяются следующими выражениями:

по скорости:

$$L_{\max} = 20 \lg \frac{V_{\max}}{V_0}, \text{ дБ.} \quad (8)$$

по ускорениям:

$$L_{\max} = 20 \lg \frac{A_{\max}}{A_0}, \text{ дБ.} \quad (9)$$

где: L_{\max} — максимальный уровень вибрации, соответствующий максимальной скорости V_{\max} или ускорению колебания A_{\max} . $V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ (м/с) и $A_0 = 10^{-6}$ (м/с²) — пороговые значения.

Заключение

В результате решения представленной аналитической методики получаем графики изменения прогибов, скорости и ускорения тоннеля в зависимости от времени при движении поезда с разными скоростями (рис. 4–8).

Выявлено, что максимальные прогибы тоннеля практически не изменяются при разных скоростях поезда $V=10$ м/с; 20 м/с; 30 м/с. Интерпретация полученных результатов на графике (рис. 3)

может объясняться следующими причинами: скорости ниже критической ($V \ll V_{cr}$), то есть если V_{cr} тоннеля значительно превышает 30 м/с (108 км/ч), динамическое усиление не успевает проявиться; жесткая конструкция тоннеля, высокая изгибная жесткость EI и коэффициент постели k подавляют резонансные явления и демпфирование грунта, в случае когда сильное поглощение энергии предотвращает накопление колебаний.

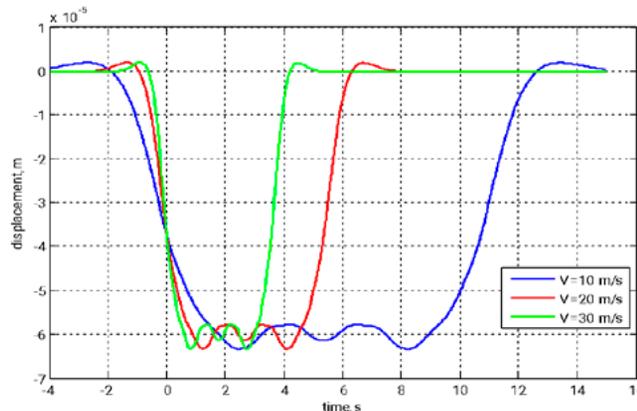


Рис. 4. Изменение прогибов осевой линии тоннеля при действии поездов с разными скоростями.

Источник: автор исследования

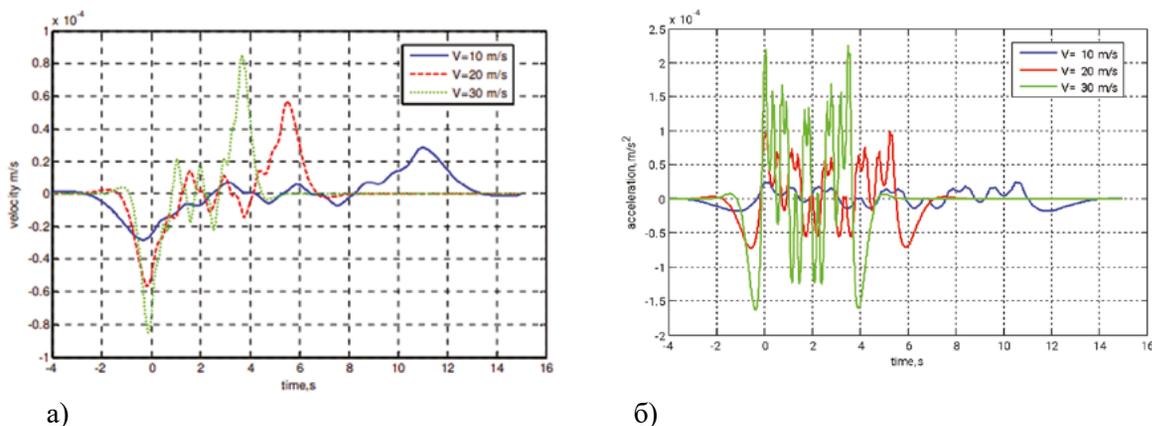
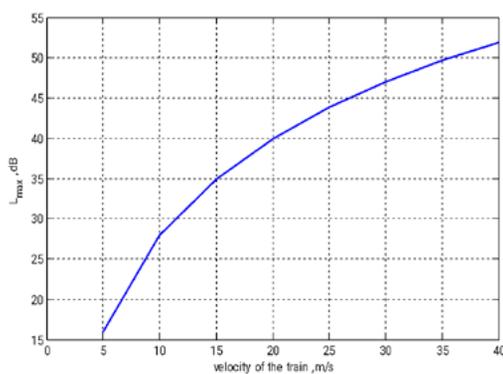
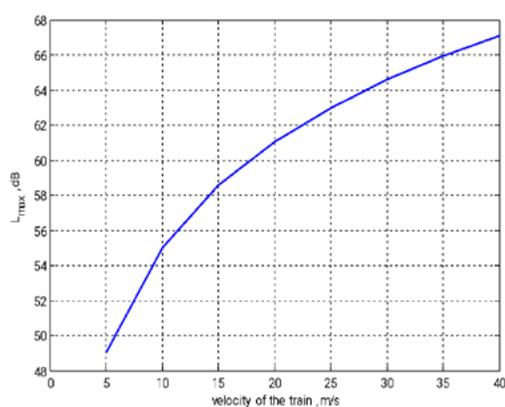


Рис. 5. Графики изменения скорости (а) и ускорения (б) тоннеля при действии поездов с разными скоростями



а)



б)

Рис. 6. Уровни вибраций тоннеля — скорости (а) и ускорения (б) при движении поездов с разными скоростями

Вывод

Анализируя полученные результаты, отметим, что скорости движения поездов значительно влияют на уровни вибраций тоннеля.

Во Вьетнаме при проектировании и эксплуатации метрополитена учитываются нормы, регулирующие влияние скорости поездов на вибрации и шум, особенно на подземных участках. Хотя вьетнамские стандарты в этой области еще развиваются, они опираются на международный опыт (Япония, Китай, Россия) и рекомендации зарубежных подрядчиков, участвующих в строительстве.

Вьетнамские нормы учитывают влияние скорости на вибрации, но их применение зависит от конкретного проекта и зарубежных технологий. На новых линиях (например, Ханойская линия 3) меры будут строже, особенно после уроков линии 2А, так как в Ханое поступили жалобы на вибрации от людей, живущих вдоль данной линии. В ответ власти усилили демпфирующие материалы на стыках рельсов и ввели ночные ограничения скорости при движении составов в депо.

Список литературы

1. Метрополитены Ханоя и Хошимина // Железные дороги мира. — 2023. — № 9. — С. 39–43. — EDN QPDSOL.
2. Ле С. Х. Оценка эффективности альтернативных систем тягового электропривода поездов метрополитена для эксплуатации в социалистической Республике Вьетнам: специальность 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ле Суан Хонг. — Москва, 2016. — 22 с. — EDN ZQHCHH.
3. Курбацкий Е. Н. Применение обобщенных функций и интегрального преобразования Фурье при моделировании воздействия подвижной нагрузки на балку, лежащую на упругом основании / Е. Н. Курбацкий, И. И. Зернов, Е. С. Бадина // Транспортные сооружения. — 2023. — Т. 10, № 3. — DOI 10.15862/055AT5323. — EDN NHXDNW.
4. Гуськов И. А. Деформации тоннельной обделки с учетом упругого взаимодействия тоннельной обделки с массивом грунта / И. А. Гуськов, Е. Н. Курбацкий // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования: материалы V Национальной научно-практической конференции с международным участием, приуроченной ко Дню российской науки, Астрахань, 8–9 февраля 2022 года. Т. 5. — Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2022. — С. 127–135. — EDN FTMXGP.
5. Пестрякова Е. А. Спектры максимальных реакций экипажей поездов на землетрясения / Е. А. Пестрякова, Е. Н. Курбацкий, Ч. Т. Нгуен // Транспортные сооружения. — 2019. — Т. 6, № 2. — 13 с. — DOI 10.15862/15SAT5219. — EDN ECZDQM.
6. Study on Using Laboratory Model to Research for Bearing Capacity of Soft Ground Improved by Deep Cement Mixing Columns due to Embankment Load with Different Montmorillonite Contents / E. N. Kurbatskiy, N. A. Telyatnikova, N. N. Thang, N. Anh Tuan // Proceedings of the 2018 International Conference “Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies”, IT and QM and IS2018, St. Petersburg, 24–28 сентября 2018 года. — St. Petersburg: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. — pp.

121–127.—DOI 10.1109/ITMQIS.2018.8525125.—EDN XTHVRO.

7. Курбацкий Е. Н. Преимущества тоннелей из опускных секций транспортных переходов и особенности их сооружения через протяженные речные и морские преграды, сложенные на дне слабыми грунтами / Е. Н. Курбацкий, Н. В. Купчикова, А. С. Сеницын // Инженерно-строительный вестник Прикаспия.— 2015.— № 1 (11).— С. 41–50.—EDN TRLABB.

8. Курбацкий Е. Н., Купчикова Н. В., Сан Лин Тун. Методика расчета свайных фундаментов с уширениями на статические и динамические воздействия, основанная на свойствах изображения Фурье финитных функций // Модернизация регионов России: инвестиции в инновации: сборник трудов IV Междунар. науч.—практ. конф. (Астрахань, 15 окт. 2010 г.).— С. 3–6.

9. Курбацкий Е. Н., Купчикова Н. В., Сан Лин Тун. Соотношение между интегралом Фурье и спектрами ответов при оценке сейсмического воздействия на свайные фундаменты/ Энергоресурсосберегающие технологии: Наука. Образование. Бизнес. Производство: сборник трудов V Междунар. науч.—практ. конф. (Астрахань, 24–28 окт. 2011 г.).— С. 173–178.

10. Лазарян В. А., Конашенко С. И. Обобщенные функции в задачах механики.— Киев: Наукова думка, 1974.

11. Владимиров В. С. Обобщенные функции в математической физике.— М.: Наука, 1979.— 320 с.

12. Араманович И. Г., Лунц Г. Л., Эльсгольц Л. Э. Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости.— М.: Наука, 1968.— 416 с.

13. Техническая документация на вагоны 81–740/741.

14. Александров А. В., Потапов В. Д., Державин Б. П. Сопротивление материалов: учеб. для вузов.— 2-е изд. испр.— М.: Высш. школа, 2000.— 560 с.: ил.

15. <https://ria.ru/20211106/vietnam-1757881374>.

[html?utm_source=skyfeed.ru-aggregator](https://ria.ru/20211106/vietnam-1757881374) (дата обращения 03.05.2025 г.)

16. Купчикова Н. В. Проектирование радиальных коммуникационных тоннелей при редевелопменте территорий / Н. В. Купчикова, Ю. В. Лазуткин, Е. Е. Купчиков // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования: Материалы VII Национальной научно-практической конференции с международным участием, приуроченной ко Дню российской науки, Астрахань, 9 февраля 2024 года.— Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2024.— С. 70–78.—EDN AUNVFN.

17. Лазуткин Ю. В. Конструктивно-технологические решения балластных и безбалластных оснований трамвайных путей / Ю. В. Лазуткин, Н. Е. Антонов // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования: Материалы VII Национальной научно-практической конференции с международным участием, приуроченной ко Дню российской науки, Астрахань, 9 февраля 2024 года.— Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2024.— С. 78–86.—EDN MCTHNR.

18. Территориально-пространственное развитие трамвайной транспортной инфраструктуры Москвы и ее влияние на существующую застройку / В. П. Титов, В. И. Гришин, Н. В. Купчикова, Ю. В. Лазуткин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия.— 2024.— № 3 (49).— С. 40–49.—DOI 10.52684/2312–3702–2024–49–3–40–49.—EDN GWIOUT.

19. Лазуткин Ю. В. Развитие конструктивно-технологических решений при возведении контактных сетей трамвайных и троллейбусных линий / Ю. В. Лазуткин, В. А. Петров, Н. А. Сушилина // Инженерно-строительный вестник Прикаспия.— 2024.— № 3 (49).— С. 50–56.—DOI 10.52684/2312–3702–2024–49–3–50–56.—EDN HUAYII.

References

1. Metropoliteny Khanooia i Khoshimina [Metro Systems of Hanoi and Ho Chi Minh City]. Zheleznnye dorogi mira [Railways of the World].— 2023, № 9,— pp. 39–43. EDN QPDSOL.

2. Le S. Kh. Otsenka effektivnosti al'ternativnykh sistem tyagovogo elektroprivoda poezdov metropolitena dlya ekspluatatsii v sotsialisticheskoi Respublike V'etnam [Assessment of Efficiency

of Alternative Traction Electric Drive Systems for Metro Trains for Operation in the Socialist Republic of Vietnam]. Abstract of dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. Moscow.— 2016. 22 p. EDN ZQHCHH.

3. Kurbatskii E. N., Zernov I. I., Bad'ina E. S. Primenenie obobshchennykh funktsii i integral'nogo preobrazovaniya Fur'e pri modeli-

rovanii vozdeistviya podvizhnoi nagruzki na balku, lezhashchuyu na uprugom osnovanii [Application of Generalized Functions and Fourier Integral Transform in Modeling the Impact of Moving Load on Beam Lying on Elastic Foundation]. *Transportnye sooruzheniya* [Transport Structures].— 2023, vol. 10, № 3. DOI 10.15862/055AT5323. EDN NHXDNW.

4. Gus'kov I. A., Kurbatskii E. N. Deformatsii tunnel'noi obdelki s uchedom uprugogo vzaimodeistviia tunnel'noi obdelki s massivom grunta [Tunnel Lining Deformations Considering Elastic Interaction of Tunnel Lining with Soil Mass]. *Innovatsionnoe razvitie regionov: potentsial nauki i sovremennogo obrazovaniya* [Innovative Development of Regions: Potential of Science and Modern Education]. Vol. 5. Astrakhan: Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering.— 2022,— pp. 127–135. EDN FTMXGP.

5. Pestryakova E. A., Kurbatskii E. N., Nguyen, Ch T. Spektry maksimal'nykh reaktsii ekipazhei poezdov na zemletryaseniya [Maximum Response Spectra of Train Crews to Earthquakes]. *Transportnye sooruzheniya* [Transport Structures].— 2019, vol. 6, № 2.— 13 p. DOI 10.15862/15SATS219. EDN ECZDQM.

6. Kurbatskii E. N., Telyatnikova N. A., Thang N. N., Tuan N. A. Study on Using Laboratory Model to Research for Bearing Capacity of Soft Ground Improved by Deep Cement Mixing Columns due to Embankment Load with Different Montmorillonite Contents. *Proceedings of the 2018 International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies», IT and QM and IS2018*. St. Petersburg: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.— 2018,— pp. 121–127. DOI 10.1109/ITMQIS.2018.8525125. EDN XTHVRO.

7. Kurbatskii E. N., Kupchikova N. V., Sinit-syn A. S. Preimushchestva tonnelei iz opusknykh sektsii transportnykh perekhodov i osobennosti ikh sooruzheniya cherez protyazhennyye rechnye i morskije pregrady, slozhennyye na dne slabymi gruntami [Advantages of Immersed Tube Tunnels for Transport Crossings and Features of Their Construction Across Extended River and Marine Barriers with Weak Bottom Soils]. *Inzhenerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya* [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region].— 2015, № 1 (11),— pp. 41–50. EDN TRLABB.

8. Kurbatskii E. N., Kupchikova N. V., San Lin Tun. Metodika rascheta svainykh fundamentov s ushireniami na staticheskie i dinamicheskie vozdeistviya, osnovannaya na svoistvakh izobrazheniya Fur'e finitnykh funktsii [Method for Calculating Pile Foundations with Widening for Static and Dynamic

Effects Based on Properties of Fourier Transform of Finite Functions]. *Modernizatsiya regionov Rossii: investitsii v innovatsii* [Modernization of Russian Regions: Investments in Innovation]. Astrakhan.— 2010,— pp. 3–6.

9. Kurbatskii E. N., Kupchikova N. V., San Lin Tun. Sootnoshenie mezhdurazlichnykh integralom Fur'e i spektrami otvetov pri otsenke seismicheskogo vozdeistviya na svainyye fundamenty [Relationship Between Fourier Integral and Response Spectra in Seismic Impact Assessment on Pile Foundations]. *Energoresursosberegayushchie tekhnologii: Nauka. Obrazovanie. Biznes. Proizvodstvo* [Energy and Resource Saving Technologies: Science. Education. Business. Production]. Astrakhan.— 2011.— pp. 173–178.

10. Lazaryan V. A., Konashenko S. I. Obobshchennyye funktsii v zadachakh mekhaniki [Generalized Functions in Mechanics Problems]. Kiev: Naukova dumka.— 1974.

11. Vladimirov V. S. Obobshchennyye funktsii v matematicheskoi fizike [Generalized Functions in Mathematical Physics]. Moscow: Nauka.— 1979.— 320 p.

12. Aramanovich I. G., Lunts G. L., El'sgol'ts L. E. Funktsii kompleksnogo peremennogo. Operatsionnoe ischislenie. Teoriya ustoichivosti [Functions of Complex Variable. Operational Calculus. Stability Theory]. Moscow: Nauka.— 1968.— 416 p.

13. Tekhnicheskaya dokumentatsiya na vagony 81–740/741 [Technical Documentation for Cars 81–740/741].

14. Aleksandrov A. V., Potapov V. D., Derzhavin B. P. Soprotivlenie materialov: ucheb. dlya vuzov [Strength of Materials: Textbook for Universities]. 2nd ed., revised. Moscow: Vysshaya shkola.— 2000.— 560 p.

15. Available at: https://ria.ru/20211106/vetnam-1757881374.html?utm_source=skyfeed.ru-agregator (accessed: 03.05.2025).

16. Kupchikova N. V., Lazutkin Yu. V., Kupchikov E. E. Proektirovanie radial'nykh kommunikatsionnykh tonnelei pri redevelopmente territorii [Design of Radial Communication Tunnels in Territory Redevelopment]. *Innovatsionnoe razvitie regionov: potentsial nauki i sovremennogo obrazovaniya* [Innovative Development of Regions: Potential of Science and Modern Education]. Astrakhan: Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering.— 2024.— pp. 70–78. EDN AUNVFH.

17. Lazutkin Yu. V., Antonov N. E. Konstrukтивно-tekhnologicheskie resheniya ballastnykh i bezballastnykh osnovanii tramvainykh putei [Structural and Technological Solutions for Ballasted and Ballastless Bases of Tram Tracks]. *Innovatsionnoe*

razvitie regionov: potentsial nauki i sovremennogo obrazovaniya [Innovative Development of Regions: Potential of Science and Modern Education]. Astrakhan: Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering. — 2024, — pp. 78–86. EDN MCTHNR.

18. Titov V.P., Grishin V.I., Kupchikova N.V., Lazutkin Yu. V. Territorial'no-prostranstvennoe razvitie tramvainoi transportnoi infrastruktury Moskvy i ee vliyanie na sushchestvuyushchuyu zastroiku [Territorial and Spatial Development of Moscow's Tram Transport Infrastructure and Its Impact on Existing Development]. Inzhenerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya [Engineering and Construction Bulletin of

the Caspian Region]. — 2024, № 3 (49). — pp. 40–49. DOI 10.52684/2312–3702–2024–49–3–40–49. EDN GWIOUT.

19. Lazutkin Yu. V., Petrov V.A., Sushilina N.A. Razvitie konstruktivno-tekhnologicheskikh reshenii pri vozvedenii kontaktnykh setei tramvainykh i trolleybusnykh linii [Development of Structural and Technological Solutions in Construction of Contact Networks for Tram and Trolleybus Lines]. Inzhenerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region]. — 2024, № 3 (49). — pp. 50–56. DOI 10.52684/2312–3702–2024–49–3–50–56. EDN HUAYII.

Статья получена 14.05.2025 | статья опубликована 18.06.2025

Сведения об авторе	Information about the author
<p>Нгуен Чонг Там заведующий кафедрой «Железнодорожный путь и метрополитен», кандидат технических наук, профессор Хошиминского университета транспорта, г. Хошимин (Вьетнам) Адрес: 70-й район То Кы, 12-й квартал, ТП. г. Хошимин E-mail: trongtam.nguyen@ut.edu.vn</p>	<p>Nguyen Trong Tam Head of the Department «Railway Track and Metro Systems», Candidate of Technical Sciences (Ph.D. in Engineering), Professor at Ho Chi Minh City University of Transport, Ho Chi Minh City (Vietnam) Address: District 70 To Ky, Ward 12, Ho Chi Minh City Email: trongtam.nguyen@ut.edu.vn</p>

УДК 004.8:629.3.051

АНАЛИЗ ОПЫТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТРАНСПОРТНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СМЕЖНЫХ ОТРАСЛЯХ

С. А. Лебедев
Г. Г. Красноженов
Н. С. Белова

НИУ «Высшая школа экономики» (ВШЭ)

Аннотация. В настоящей статье проведены обзор и анализ технологий искусственного интеллекта, применяемых в транспортном проектировании и смежных отраслях, коммерческих продуктов и задач транспортного проектирования, решаемых указанными технологиями.

Ключевые слова: ИИ, транспортное проектирование, обработка естественного языка, генеративный дизайн, компьютерное зрение.

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN TRANSPORTATION DESIGN AND RELATED INDUSTRIES

S. A. Lebedev
G. G. Krasnozhenov
N. S. Belova

National Research University Higher School of Economics (HSE)

Abstract. This article reviews and analyses artificial intelligence technologies used in transport design and related industries, commercial products and transport design challenges addressed by these technologies.

Keywords: AI, transport design, natural language processing, generative design, computer vision.

Введение

Развитие современных компьютерных наук привело к разработке множества технологий, методов и подходов, которые в той или иной степени позволяют компьютерным системам не просто выполнять запрограммированные шаги, но брать на себя интеллектуальные задачи. Такие технологии в настоящее время обозначаются единым названием «технологии искусственного интеллекта» (далее — ИИ), которые объединяют все известные варианты реализации информационных систем, способных справляться с задачами, требующими квалифицированной, профессиональной (человеческой) деятельности. При этом технологии ИИ охватывают в той или иной мере все когнитивные способности человека, то есть способность воспринимать, обрабатывать и использовать информацию в заданных целях. Соответственно, отдельные разработки в области ИИ позволяют получать информацию из неопределенных источников (например, искать в текстах, распознавать изображения),

отдельные позволяют осмысливать информацию (распознавать, идентифицировать объекты, явления и связи, создавать онтологии и т. п.), отдельные имитируют процесс рассуждений и принятия решений. В последнем случае речь не идет о сознании, осознанности действий, но технологии ИИ позволяют воспроизводить человеческие рассуждения или решения путем синтеза требуемых результатов на основе предварительного обучения моделей [1].

Следующим очевидным, напрашивающимся шагом в развитии технологий ИИ было создание комбинированных технологий, зачастую построенных на ансамблях моделей ИИ. Такие системы уже могут самостоятельно и искать, и перерабатывать информацию, и выдавать «решение» в требуемом виде. Примерами таких систем являются интеллектуальные поисковые системы, чат-боты, так называемые интеллектуальные ассистенты. Зачастую описанные сложные комбинации технологий реализуются в виде интеллектуальных агентов

(программ, которые действуют вполне самостоятельно, осуществляя интеллектуальную работу с информацией в заданных рамках) [2].

Будущим развития технологий ИИ большинство исследователей и практиков считает мульти-агентные системы, которые будут воспроизводить действия специалиста вполне полно и которые перейдут из разряда инструментов интеллектуальной обработки данных в разряд обособленных акторов, справляющихся со стандартными рабочими задачами и функциональными профессиональными обязанностями. Описанный переход можно проиллюстрировать следующим примером: если сейчас агенты могут создать текстовое описание в составе конкретного документа проектной документации по предоставленным данным, то мультиагентная система сможет создать всю документацию полностью [3, 4].

Возвращаясь в настоящее время, следует отметить, что разнообразие технологий ИИ определяет и массу вариаций их реализации в прикладных системах. Множество представленных на рынке решений (программных модулей, программного обеспечения) реализуют какой-либо один из типов технологий ИИ. Новейшие информационные системы пытаются создавать комбинированные решения, автоматизирующие цепочки взаимосвязанных бизнес-процессов (далее — БП¹), но таких решений в настоящее время немного. Таким образом, для составления систематического представления о применении интеллектуальных технологий в задачи транспортного проектирования и смежные отрасли, в настоящем исследовании описанные технологии классифицированы по решаемым ими задачам.



Рис. 1. Тренд изменения представления данных. Источник: авторы исследования

Так же, как в случае с технологиями ИИ, рассматриваемые бизнес-процессы проектирования не являются раз и навсегда определенными. Детали их выполнения и даже сам список задач могут определяться конкретными проектными условиями. Например, в одних проектах требуется разрабатывать подключение к дождевой канализации, в других эта задача неактуальна. Для того чтобы говорить о транспортном проектировании и смежных отраслях в целом, в рамках настоящего исследования применен метод обобщения, когда цепочки конкретных действий специалистов объединены в обобщенные блоки процессов, связанных скорее по содержанию, чем по деталям состава работ, такие как предпроектное обследование местности, прототипирование/создание концептуального решения, разработка цифровой имитационной модели и так далее.

Комбинация условных классов интеллектуальных технологий в приложении к блокам бизнес-процессов проектирования определяет содержание проведенного исследования и позволяет построить карту распространения, применения лучших практик использования ИИ в отрасли.

Описанная карта была бы неполной без учета динамики процессов. В самом деле, многие бизнес-процессы в настоящее время проходят период структурной трансформации. И транспортное проектирование — не исключение. Для очень многих интеллектуальных действий (предполагающих, соответственно, работу с информацией) реализуется преобразование данных (рис. 1) и соответствующее преобразование способов работы с ними (рис. 2) по принципу Индустрии 4.0.

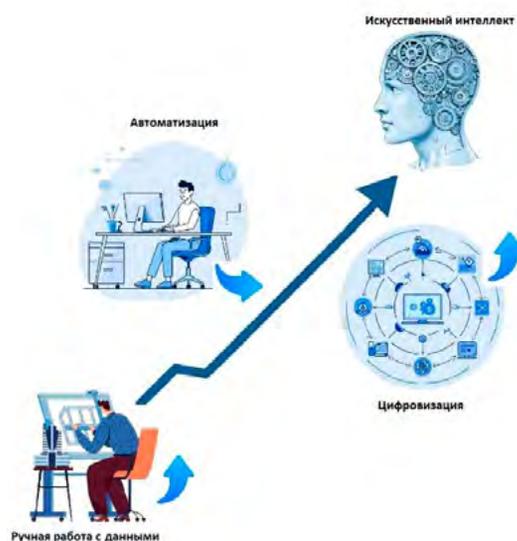


Рис. 2. Тренд преобразования способов работы с данными. Источник: авторы исследования

¹ В дальнейшем под бизнес-процессами без дополнительных уточнений подразумеваются процедуры, входящие в состав задач транспортного проектирования.

На каждом этапе описанной формулы развития происходит кардинальная перестройка бизнес-процесса, требующая новой инфраструктуры, новой квалификации, перестройки организации труда:

- на первом этапе трансформации информация, которой оперирует БП, превращается в данные;
- на втором этапе автоматизируются потоки данных и заменяют собой ручной обмен информацией внутри процесса или вовне его;
- на третьем этапе ИИ выводит автоматизацию на новый уровень, позволяя синтезировать (создавать) данные, обрабатывать их на уровне квалифицированного специалиста.

В результате осуществления формулы трансформации традиционный БП заменяется на работу ИИ систем под управлением специалиста точно так же, как сейчас ручная работа на станках заменена на полностью автоматизированные технологические линии, которые целиком управляются через информационные системы. Так же и отдельные подпроцессы в последовательности действий, называемых обобщенно транспортным проектированием, проходят все три описанные стадии. Если традиционный вид труда проектировщиков предполагает непосредственную (ручную) работу специалиста с документами, например техническими условиями, схемами, картами, чертежами, то следующий этап развития предполагает переход на технологии информационного моделирования (далее — ТИМ, зарубежный аналог — BIM). Рассмотрению и исследованию этих аспектов в настоящее время посвящены различные публикации зарубежных и отечественных авторов, в частности [5].

Следует заметить, что описываемые этапы развития отрасли и вообще соответствие концепции Индустрии 4.0 не являются опциональными и строго определены стратегией и нормативно-правовой базой Российской Федерации. Здесь достаточно упомянуть указ Президента РФ от 10.10.2019 года № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» вместе с Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года, указ Президента РФ от 28.02.2024 года № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», постановление Правительства РФ от 15.09.2020 года № 1431 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных доку-

ментов, и требований к форматам указанных электронных документов...», распоряжение Правительства РФ от 31.10.2022 года № 3268-р (ред. от 21.10.2024) «Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года», Градостроительный кодекс РФ (в частности, пункт 10.3) и разработанные и введенные в действие отраслевые государственные стандарты, в частности ГОСТ Р 10.0.01–2018 «Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Термины и определения», ГОСТ Р 10.00.00.00–2023 «Единая система информационного моделирования. Основные положения», СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла», СП 471.1325800.2019. «Информационное моделирование в строительстве. Контроль качества производства строительных работ», СП 331.1325800.2017. «Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах».

Цифровизация в рамках Индустрии 4.0 предполагает перевод всей информации, предшествующей и сопутствующей проектной деятельности, в цифровой вид (в среду формирования ЦИМ). На следующем этапе налаживаются информационные потоки и, например, заказчик и исполнитель проектных работ обмениваются не проектной документацией, а ЦИМ. Наконец, внедрение ИИ позволяет специалисту-проектировщику формировать, проверять, обрабатывать ЦИМ практически в автоматическом режиме, в ходе диалога с интеллектуальными системами.

Так как настоящее исследование проводится в переходный период, когда происходят описываемые процессы преобразования БП и данных, то соответствующие трансформационные действия также должны быть включены в список рассматриваемых обобщенных блоков процессов, хотя они и не относятся непосредственно к проектированию. В самом деле, если актуальнейшей задачей для российских компаний является переход от работы с проектными документами к работе по ТИМ, то в рамках исследовательской добросовестности мы должны рассмотреть вопрос о том, могут ли технологии ИИ содействовать этому процессу перехода, хотя он и не является собственно работой по разработке градостроительного проекта [6].

Целью настоящего исследования является анализ того, какие шаги от традиционного (ручного) труда до автоматизации с использованием средств

ИИ предлагает мировая практика для основных блоков процессов, определяющих транспортное проектирование; не углубляясь в тонкости реализации, мы показали, какие классы технологий

Метод

В рамках исследования сформирован список более пятидесяти коммерческих продуктов (информационных систем, ИС), утилизирующих технологии ИИ или сопровождающиеся заявлениями разработчиков о намерении включить интеллектуальные компоненты в их состав. Полный список проанализированных систем приведен в Приложении 1 с указанием их доступности в РФ и ориентировочных условий приобретения прав пользования.

Список ИС составлен таким образом, чтобы максимально полно покрывать примерами транспортное проектирование и смежные отрасли [7]. Но так как целью исследования является анализ технологий, а не анализ рынка коммерческих продуктов, то в список не включались системы с похожим функционалом. В рамках исследования сделан акцент на принципы, подходы и технологии, отличающие продукты друг от друга и показывающие спектр возможностей применения технологий ИИ максимально широко.

В приведенную таблицу не вошли отдельные российские продукты, для которых технологии ИИ не удается уверенно идентифицировать даже в планах разработки. Среди информационных продуктов для проектирования, информационного моделирования, строительства, которые произведены и развиваются в РФ, но на данный момент не используют технологии ИИ в своем составе, можно отметить следующие:

- Топоматик Robur (НПФ «ТОПОМАТИК»);
- Bimeister Data и Bimeister Flow;
- Vitro-CAD (ООО «Витро Софт»);
- Larix.EST и Larix.Manager;
- САПР Полином (ООО «НЕОЛАНТ Сервис»);
- IndorCAD (ООО «ИндорСофт»).

Также не повторяются основные сведения по наиболее распространенным продуктам, во многом дублирующим друг друга. Например, продукты Autodesk Revit, Bentley Systems, Allplan, ArchiCAD и Tekla Structures являются прямыми аналогами и конкурентами и в основных чертах повторяют функциональность друг друга.

Не рассмотрены свойства SolidWorks (Dassault Systemes, Франция), так как эта система хотя и предназначена для проектирования и активно использует технологии искусственного интеллекта, предназначена в первую очередь не для строительного, а для промышленного проек-

используются для решения отдельных отраслевых задач. Также проведенное исследование акцентирует внимание на доступность соответствующих технологий в РФ на первый квартал 2025 года.

тирования. В целом для ее функций в той или иной мере можно найти аналоги в продуктах, например Autodesk. По той же причине не приводятся сведения по системе автоматизированного прототипирования и сопровождения жизненного цикла изделия CATIA той же компании Dassault Systemes. Также не рассматриваются ETABS, SAP2000, Tekla Structures, ANSYS и тому подобные специализированные САПР системы.

На рынке представлено довольно много программ, в той или иной мере воспроизводящих функции генеративного дизайна. Безусловно, сами названные продукты отличаются, но роль, которую в их функциональности играют методы и подходы ИИ, является схожей. Большая часть однотипных продуктов построена на идее визуализации или генерации прототипов (скорее художественных, дизайнерских, чем соответствующих реальности). В рамках настоящего обзора затруднительно зафиксировать принципиальные отличия в подходах, например SketchUp Diffusion (<https://help.sketchup.com/en/sketchup-diffusion>) и AutoCAD Civil 3D. Несколько таких продуктов приведены в Приложении 1, но в обзор не включены повторяющие те же функции генеративного дизайна Gendo (<https://www.gendo.ai/>), Fotor AI Architecture Generator (<https://www.fotor.com/features/ai-architecture/>), LookX (<https://www.lookx.ai/>), Vizcom (<https://www.vizcom.ai/>), Veras от EvolveLAB (<https://www.evolveai.io/veras>), AI Architecture Generator от Veed.AI (<https://www.veed.io/tools/ai-image-generator/ai-architecture-generator>), ReRender AI (<https://ru.rerenderai.com/>), ArchSynth (<https://www.archsynth.com/>).

Также довольно много схожих продуктов, предлагающих применять ИИ генерацию планировки квартир и помещений. Например, схожи по функциональности описанный ниже Maket.ai и ARK AI (<https://arkdesign.ai/>). Так же как и Maket, ARK AI на основе заданных параметров (количество этажей, особенности здания и зонирования) создает планы помещений. Примерно тот же функционал и теми же средствами обеспечивает Archilogic (<https://www.archilogic.com/>). Наверное, единственным отличительным признаком является то, что Archilogic работает с генеративными моделями не на изображениях, а на графах, для чего разбивает доступные пространства на «зоны», где каждая зона представле-

на вершиной графа. Также весьма убедительные результаты качества генерации планов помещений показывает программа Finch (<https://www.finch3d.com/>), которая тоже использует генерацию на графовых представлениях.

Аналогично имеется серия схожих продуктов по предварительному планированию городской застройки или построению концепций организации дорожной сети. Так же как и описанный ниже TestFit, например, Cityplain (<https://www.cityplain.com/>) является облачным решением для автоматизированного предварительного городского планирования на базе технологий ИИ. Во всех таких программах генеративная модель, естественно, снижает трудоемкость предварительного планирования и повышает количество разрабатываемых вариантов городской планировки для крупномасштабной застройки. В качестве параметров при планировании используются

Блоки подпроцессов проектирования

Для того чтобы упорядочить примеры применения технологий ИИ, отраслевые задачи транспортного проектирования разделены на

обобщающие показатели, такие как плотность населения, социально-экономические показатели. С точки зрения функциональности и применяемых интеллектуальных технологий такие продукты практически неразличимы. Разнятся цены, условия использования, удобство интерфейсов и скрытые от пользователей качества моделей машинного обучения, применяемых в продуктах.

Наконец, на рынке присутствует класс продуктов, платформ, экосистем, которые позволяют разрабатывать компоненты ИИ, в том числе применимые для проектирования, но которые напрямую не связаны с отраслевыми задачами. Такие платформы, как Microsoft Azure Machine Learning Studio могут быть крайне полезны для разработки и развертывания моделей машинного обучения, в том числе в контексте ТИМ проектирования, но не могут считаться целевыми для данного исследования.

следующие блоки подпроцессов, на которые проектировалась функциональность рассматриваемых систем (рис. 3):

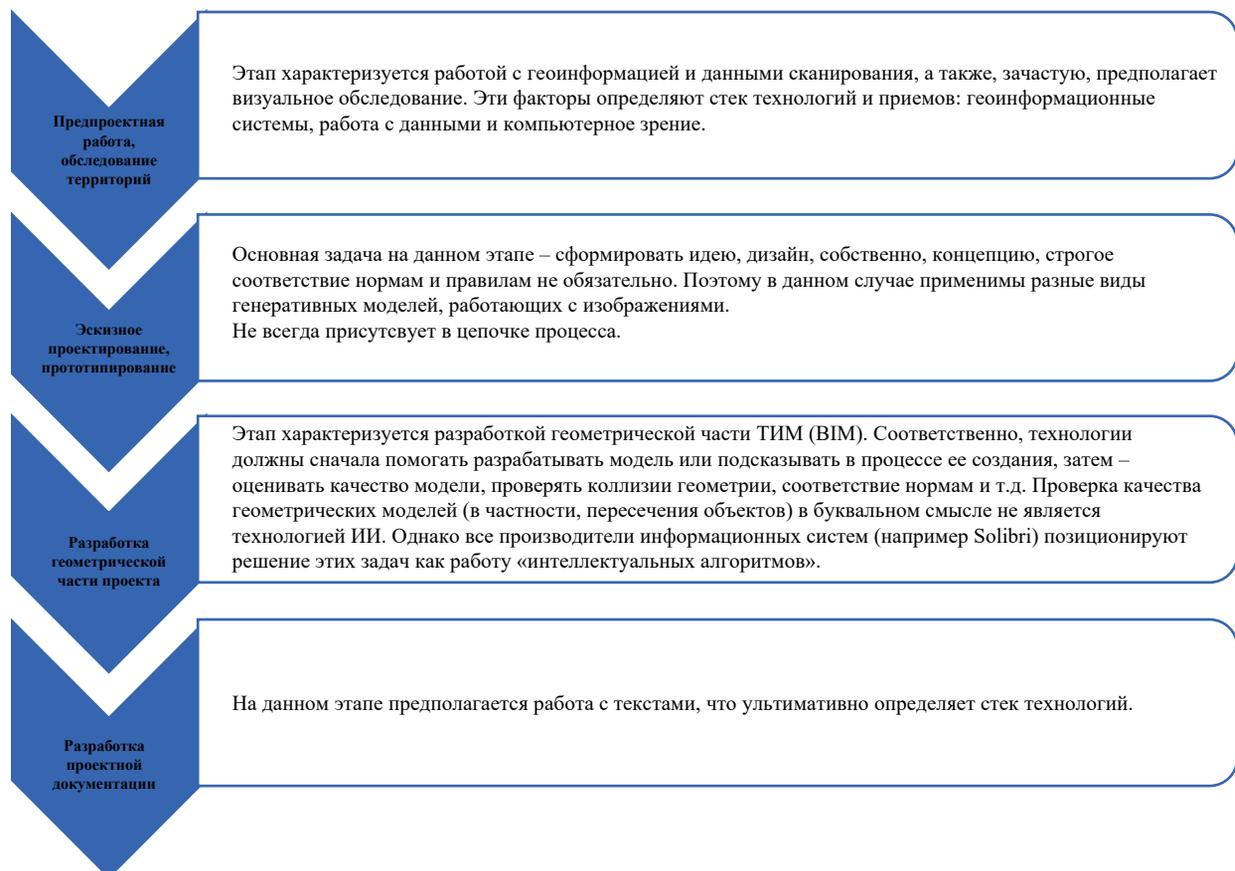


Рис. 3. Классы отраслевых систем и их применение в процессах проектирования. Источник: авторы исследования

Прежде всего следует отметить, что рассматриваемые ИС построены зачастую совершенно различным способом. Некоторые из них представляют собой одностраничные веб-сервисы, некоторые — комплексные многомодульные системы ав-

томатизации. На рис. 4 представлена пузырьковая диаграмма, отражающая типы информационных систем, где размер пузырька показывает масштаб системы. В таблице 1 приведены примеры для каждого типа ИС.



Рис. 4. Пузырьковая диаграмма типов ИС. Источник: авторы исследования

Таблица 1

Типы информационных систем

Тип решения	Описание, архитектура программного решения	Пример решения
Среды общих данных (СОД)	Максимально масштабные и комплексные системы, в которых могут работать одновременно не только разные группы пользователей (инженеры, проектировщики, дизайнеры и т. д.), но и целые коллективы. Часто называются программными экосистемами. Чаще всего работа построена на проектной основе. В подавляющем большинстве рассматриваемые решения построены как облачные комплексные сервисы: различные модули систем доступны онлайн и для пользователя представляются единой онлайн-средой, в которой он осуществляет разнообразные действия. Такие системы могут включать в себя дополнительно мобильные приложения, скачиваемые модули и дополнительные подключаемые программные сервисы.	<ul style="list-style-type: none"> • Autodesk Construction Cloud https://construction.autodesk.com/ • ЭКЗОН https://1exon.ru/ Экосистема для управления строительными процессами • G-station Облачная платформа для организации строительных работ на базе единой BIM-модели • Pilot-BIM СОД BIM-проектов
Традиционные ИС	Информационные системы, состоящие из одного или нескольких модулей. Иногда представлены в локальных решениях, но современные решения обычно допускают и онлайн-использование. Обычно решают жестко заданный спектр задач. Размеры ИС отличаются весьма существенно, чаще всего коммерческие продукты включают в себя 3–7 модулей, каждый из которых фактически предназначен для осуществления одного из подпроцессов.	<ul style="list-style-type: none"> • Биганто 360 https://biganto.ru/ Контроль строительства, сопровождение продаж объектов строительства • Digital Blue Foam (DBF) https://www.digitalbluefoam.com/feature-main-cat/ai-generative-design

Тип решения	Описание, архитектура программного решения	Пример решения
Одномодульные сервисы	Зачастую описываемые продукты представлены одной веб-страницей, которая и представляет интерфейс пользователя. Такие системы решают одну задачу (автоматизируют один подпроцесс), но могут включать сопутствующую функциональность как вторичные дополнения.	<ul style="list-style-type: none"> • Plannerix https://plannerix.com/ Концептуальный дизайн, визуализация интерьеров • Hypar https://hypar.io/ Концепция застройки, концепция здания • Constru https://constru.ai/ Сравнение рендера BIM-модели и фотографий реального объекта
Открытые решения или программные библиотеки для разработки	Решения, зачастую создаваемые малой группой или одним разработчиком. Могут использоваться для тестирования подходов и технологий или служить основой для разработки собственных программных решений.	<ul style="list-style-type: none"> • Leonardo.Ai: AI Architecture Generator https://leonardo.ai/ai-architecture-generator/ Архитектурный генеративный дизайн • Text2CAD https://github.com/SadilKhan/Text-2CAD Открытая программная библиотека

Так как целью исследования является анализ применения технологий ИИ, то исследование и комплексных информационных систем, и от-

Результаты и обсуждение

Классы технологий ИИ, применяемые в рассматриваемых информационных системах

Проведенное исследование позволяет утверждать, что спектр применяемых в транспортном проектировании и смежных областях технологий ИИ весьма широк. Можно утверждать, что ни одна из технологий не является определяющей для отрасли, но почти всегда интеллектуальные технологии используются как частные инструменты для решения отдельных задач в подпроцессах проектирования, и выбор таких технологий определяется в первую очередь используемыми данными. В отличие от, например, обработки фотографий, специальные технологии, ориентированные на работу именно с данными проектирования, например транспортными схемами, на текущий момент не представлены ни в научных публикациях, ни в составе коммерческих

дельных модулей проводилось по одной и той же методологии, архитектура и масштаб информационных решений во внимание не принимались.

продуктов. Почти всегда для решения отраслевых задач адаптируются технологии более общего назначения. Например, для обработки проектной документации употребляются методы NLP, которые, вообще говоря, предназначены для работы с любой текстовой информацией.

Для описания результатов исследования следует определить перечень классов интеллектуальных технологий, к которым будут вести дальнейшие отсылки. При этом мы определяем классы не по тому, как они устроены и работают, не по признакам архитектуры, а по их сферам применения. Таким образом, принцип описания предлагаемых классов отходит от принятого в ИТ-сфере (генеративно-созидательные сети, глубокое обучение и т. п.) и ориентируется на функциональность и возможности имплементации в разных подпроцессах.

Компьютерное зрение



Одним из наиболее широко распространенных в областях, смежных с проектированием, является кластер технологий, обобщенно называемых «компьютерное зрение» Computer Vision (CV). CV — это методы и подходы обработки статических и видео изображений [8]. Применение CV-технологий довольно широко: наблюдение, распознавание чего-либо в видеопотоке или на изображении, преобразование исходных материалов, а в последнее время — их генерация. В то же время сама суть технологий определяет и ограничения их использования: CV работает или с изображениями, или с сериями изображений.

В проектировании изображения используются на предварительных этапах (для исследования объекта) и, возможно, для визуализации результатов проектирования. В некоторых случаях CV в проектировании может решать частные задачи, например помогать преобразованию растровых

изображений в векторные (фотографий — в схемы, планы и чертежи). Например, при помощи технологий CV можно преобразовать фотографию в обобщенную карту местности, выделить на ней отдельные объекты, такие как деревья, тротуары и т. д.

Компьютерное зрение является наиболее развитой, приближенной к практике, доступной к разработке технологией из всех, представленных на рынке в рассматриваемых отраслях. Неудивительно, что большинство коммерческих продуктов, приведенных ниже, используют в своем составе именно технологии CV. Однако эти технологии решают вторичные для проектирования задачи:

- помогают в предпроектном обследовании;
- помогают в результатах визуализации результатов проектирования;
- решают отдельные задачи преобразования/работы с данными в ходе проектирования.

Генеративный дизайн



Генеративные технологии входят в состав инструментов и приемов всех современных подотраслей интеллектуальных технологий. В частности, генеративный дизайн является частным случаем применения CV-технологий [9, 10].

В настоящем разделе он выделен по нескольким причинам. Во-первых, сложившееся представление о CV не охватывает генеративные функции. Во-вторых, он дает значимые результаты, которые могут изменить отдельные процессы, в частности архитектурное проектирование, городское планирование и т. п.

Наиболее используемыми нейронными сетями в области генерации изображений являются MidJourney, Stable Diffusion и DALL-E.

Суть генеративного дизайна заключается в том, что после обучения на (обширном) наборе данных изображений, технология позволяет сгенерировать (автоматически создать) новое изображение, которое будет соответствовать обучающему набору. Соответственно, если в качестве обучающего набора модель обучается на планах этажей, то после обучения она сможет создавать планы этажей вполне похожие на создаваемые человеком, с учетом всех скрытых закономерностей, которые никак в явном виде не заданы. Например, если в обучающем наборе не было окон на север, то и в результате генера-

ции план будет исключать северные окна. Таким образом, при наличии достаточно большой базы генеративный дизайн позволяет создавать вполне оправданные, небессмысленные прототипы, заготовки, «идеи» для дальнейшей обработки специалистами.

Однако, как следует из сути технологии, во-первых, для того чтобы генерация выдавала «осмысленные» результаты, требуется очень обширный (тысячи) набор примеров для обучения; во-вторых, указанная технология хорошо работает именно для дизайнера, эстетического и эргономического восприятия результата. Если говорить о строгой функциональности, то технология для нее предназначена в значительно меньшей мере. Например, любое новое требование (исключить окна на восток) потребует нового обучения модели, на каждое правило нужно множество примеров, чтобы модель смогла ему научиться. При этом результаты работы такой модели все равно будут приближительными, черновыми, что в городском транспортном проектировании не слишком актуально.

Преимущества генеративных моделей в проектировании — это отсутствие ручного труда, вариативность, неисчерпаемый запас идей и, потенциально, опора на опыт всех доступных проектов. К недостаткам можно отнести полное игнорирование эргономики, связи с контекстом и социокультурными ограничениями, правилами

и нормативами. Можно сказать, что описываемые технологии осуществляют не привязанное к реальности свободное творчество.

Генеративный дизайн отчасти применяется в проектировании, но ограниченно: для генерации проектных решений на этапе концепции, без

NLP и LLM



Обработка естественного языка (NLP) и получившие в последнее время взрывной рост большие языковые модели (LLM), которые являются одной из ветвей технологий NLP, во-первых, находятся в стадии бурного развития и распространения, во-вторых показывают крайне внушительные результаты в коренном перестроении взаимодействия человека и информации, выраженной обычным, не формализованным языком [11, 12].

Указанные технологии, как следует из названия, специализируются на работе с информацией в виде текстов (человеческого языка). NLP имеет множество реализаций, упрощающих взаимодействие пользователей с автоматизированными информационными системами: интеллектуальные поиски, чат-боты, виртуальные помощники. При этом тексты могут быть выражены в виде аудиосигнала (что не актуально для задач проектирования) или собственно в виде текстовой информации.

Основная задача NLP — работа со смыслом, с содержанием текста. Так же, как CV решает задачи поиска на изображениях, классификации и генерации изображений, NLP и LLM умеют находить информацию в тексте, распознавать и обрабатывать ее, генерировать тексты. Получившие широкое распространение в последнее время чат-боты, интеллектуальные вопросно-ответные системы (Question-answering system) используют возможности, с одной стороны, извлечения смысла из текста (анализируя вопрос) и с другой стороны — генерации текста (создавая ответ).

В проектировании представлено довольно много информации в текстовом виде. Однако барьером для применения, казалось бы, наиболее релевантных интеллектуальных технологий является качество этой текстовой информации. С одной стороны, тексты, сопровождающие этапы проектной работы, довольно слабо структурированы и зачастую имеют неформализованные структуры, например письма, претензии, описания объектов и т. п. С другой стороны, они перенасыщены смыслами. Значимыми являются зачастую не большие блоки текстовой информации,

соблюдения строгих правил и условий. Одним из примеров успешного (коммерческого) применения генеративного дизайна для архитектурных задач можно считать функциональность Autodesk Revit.

подробно описывающие какую-то сущность или свойство, а минимальные смысловые элементы, вплоть до отдельных слов. В связи с этим обстоятельством, также как и в других узкоспециализированных текстах, построение онтологий (системы отраслевых, проектных структурированных знаний) крайне затруднительно.

Например, фраза *«Выписка из реестра членов саморегулируемой организации (СРО), на право осуществлять подготовку проектной документации в отношении объектов капитального строительства (кроме особо опасных, технически сложных и уникальных объектов, объектов использования атомной энергии), на право осуществлять подготовку проектной документации в отношении особо опасных, технически сложных и уникальных объектов капитального строительства (кроме объектов использования атомной энергии)»* относится к объекту «Лицензии на право выполнения работ по обследованию», является громоздкой, плохо читаемой и в подавляющем большинстве случаев содержит массу нерелевантной информации. В то же время фраза *«Ниже, повсеместно, залегает слой щебня, мощностью 0.05–0.11 м.»* относится к объекту «Геологическое строение», который, в свою очередь, является кластером свойств объекта «участок работ». Слово «ниже» является неопределенным без контекста. Слово «повсеместно» избыточно (не совсем корректно), так как речь идет, безусловно, об обследовании в границах участка. При этом толщина слоя щебня уже является существенным условием для проведения проектных работ. Таким образом, семантический разбор и смысловой анализ в приведенном примере требуют крайне скрупулезной и трудозатратной работы.

Учитывая объем и содержание документации, сопровождающей процессы проектирования, можно утверждать, что основным барьером на пути внедрения технологий ИИ в отрасли является качество (свойства в широком смысле) текстовой информации.

Практика показывает, что по описанным выше причинам продукты, осуществляющие переработку текстовой информации, в отрасли

распространены крайне слабо, и решают узкий спектр четко обозначенных задач. Полная (всеобъемлющая) семантическая обработка текстов

в составе проектной документации на текущий момент не реализована, и подходы к ней не разработаны.

Интеллектуальные системы принятия решений



В описываемый стек технологий входят: – системы прогнозирования (поведения сложных систем);

– рекомендательные системы.

Прогнозные технологии работают с динамикой изменения состояний каких-либо сложных систем. Проектирование по своей сути работает со статичными объектами, поэтому применение прогнозирования по большей части не востребовано.

Рекомендательные системы также в динамике осуществляют взаимодействие с оператором [13, 14]. Какие-то отдельные элементы реко-

мендательных сервисов могут быть внедрены почти в любой процесс. Например, предложения автозамены при наборе текстов, подсказки при написании программного кода — это технологии рекомендательных систем. В отдельных, частных задачах проектирования возможно повышение эффективности взаимодействия пользователь — информационная система за счет рекомендательных техник. Хотя эти технологии не вносят масштабные изменения в процессы проектирования, они обеспечивают повышение эффективности проектных процессов и в настоящее время представлены на фронтире внедряемых новаций.

Технологии решения задач классификации/кластеризации и регрессии



Названный стек технологий является классическим для интеллектуальных методов и подходов [15, 16]. С него

стартовал тренд развития ИИ последних десятилетий. Распознавание, классификация объектов используются и в CV, и в NLP. Если исключить рассмотрение изображений и текстов, то эти технологии мало релевантны для задач проектирования, так как других масштабных данных в задачах проектирования не представлено. В то же время для анализа, например, данных шурфов при обследовании территории классические методы интеллектуальных технологий вполне применимы. Для решения описанных задач нужны, опять же, цифровые представления (цифровые модели, или цифровые слепки состояний).

Необходимо отметить, что анализ небольшого количества данных (до сотен единиц) осуществим стандартными статистическими и матема-

тическими приемами. Максимальное раскрытие потенциала классических приемов обработки данных при помощи технологий ИИ происходит при анализе объектов в объеме, исчисляющемся многими сотнями, лучше — тысячами экземпляров. В то время как в строительном проектировании цифровые объекты, например журналы инженерно-геологических выработок, шурфов и скважин, исчисляются от силы десятками единиц, востребованность в мощных инструментах анализа данных невелика. В соответствии с отсутствием (объема) данных для анализа, задачи классификации/кластеризации и регрессии в проектировании и смежных отраслях решаются довольно редко.

Приведенная ниже таблица иллюстрирует основные результаты исследования, проекцию применяемых в составе проанализированных информационных систем технологий ИИ на описанные выше блоки подпроцессов.

Таблица 2

Карта применения классов технологий ИИ по блокам подпроцессов проектирования

Этап или комплекс работ	Технологии ИИ	Примеры информационных систем
Предпроектная работа, обследование территорий	Анализ данных Компьютерное зрение	QGIS Tableau ArcGIS UrbanSim

Этап или комплекс работ	Технологии ИИ	Примеры информационных систем
Эскизное проектирование, прототипирование	Параметрическая геометрия (не ИИ) Генеративный дизайн: Эволюционные алгоритмы Диффузионные модели	Rhinoceros (Grasshopper) Octopus Plugin Galapagos Plugin Revit (Dynamo) ArchiCAD 3D-Max Bentley AECOsим А также множество нейросетевых малых проектов: Stable Diffusion ArchiGAN Graph2Plan HouseGAN Wallplan BubbleFormer Deeplayout Building GAN House Diffusion
Разработка геометрической части проекта	Параметрическая BIM-модель (не ИИ, но важный компонент для ИИ) Машинное обучение Агентные системы (LM)	Revit ArchiCAD Rhino BIM 360Team SAP2000 Tekla Structures SolidWorks rTIM NanoCAD
Разработка проектной документации	Анализ данных Топологическая/пространственная оптимизация	Navisworks, BIM 360 Smeta WIZARD Synchro Pro ModeFrontier
	NLP, LLM	Fusion 360 Inventor BIM 360 Bluebeam Revu

Заключение

Проведенное исследование позволяет сформулировать следующие выводы:

1. Технологии ИИ одинаково эффективны в смысле уменьшения трудоемкости операций в БП на всех стадиях цифровизации. Но на первых стадиях они упрощают неквалифицированный, рутинный труд без признаков творчества, а на последних стадиях они упрощают, повышают вариативность, ускоряют труд специалистов высокой квалификации.
2. Чем выше степень цифровизации (подготовки и обработки данных) подпроцесса, тем выше и степень изменения БП вследствие применения технологий ИИ.

3. Самый заметный прирост производительности БП-проектирования дают технологии синтеза/генерации, что и неудивительно, так как в проекции на потоки данных проектирование сводится к созданию информации (в виде документов и схем, карт, чертежей, таблиц данных и т. д.).

4. Самый большой пересмотр самих процессов проектирования, включая квалификационные требования к специалистам, занимающихся проектированием, дают технологии LLM. Впрочем, в этом отношении отрасль не отличается от общего тренда, так как языковые модели изменяют вообще все взаимодей-

ствие человек — ИС, делая его намного менее трудоемким и сложным (в части применения специальных навыков), и тем самым понижая запросы на квалифицированный труд для осуществления названной коммуникации.

В заключении, на основе проведенного анализа опыта использования технологий искусственного интеллекта в транспортном проектировании и смежных отраслях, следует отметить, что рассматриваемая отрасль не является исключением и кардинально меняется с переходом к Индустрии 5.0 и с применением современных технологий ИИ, в частности. Множество примеров и коммерческих продуктов показывают самые разные варианты успешного применения интеллектуальных технологий на каждом из подпроцессов проектирования. При этом современные методы и подходы позволяют отвечать на следующие основные вызовы отрасли:

- снижение трудоемкости выполняемых операций;
- повышение вариативности (результатов) творческих процессов;
- уменьшение количества ошибок в результатах проектирования.

Более того, отдельные технологии меняют сам формат труда. Например, построение ЦИМ в диалоге проектировщик — интеллектуальный ассистент изменяет сам подход к осуществлению проектной деятельности: ручные операции фактически исключаются, заменяясь автоматизированными действиями под управлением специалиста.

В то же время следует отметить тот факт, что на 2025 год подавляющая часть зарубежных

отраслевых информационных продуктов, использующих современные технологии ИИ, недоступна в РФ. При этом соответствующие отечественные продукты в большинстве своем находятся в ранних стадиях разработки. Поэтому говорить о качественном и полном импортозамещении ИС с применением ИИ в отрасли на текущий момент преждевременно. Низкие темпы развития в этой области определяются следующими факторами:

1. Развитие технологии ИИ предполагает большие инвестиционные вложения и большую трудоемкость разработки, каковые для компаний РФ не всегда целесообразны и достижимы, так как многие организации по-прежнему используют импортные продукты, даже несмотря на отсутствие официальной поддержки разработчиков.
2. Почти все технологии ИИ требуют большого количества исторических данных для обучения моделей. Вследствие слабой степени оцифровки отрасли такие данные отсутствуют. Также отсутствуют в цифровом или хотя бы алгоритмически структурированном виде отраслевые требования, нормативы, правила, например СНИПы.
3. Российские компании не создают достаточный спрос на продукты с применением ИИ, который мог бы породить бурный рост предложений информационных систем.

Таким образом, несмотря на доступность ИИ-технологий и наличие квалифицированных специалистов (ученых, разработчиков), которые могут создавать информационные решения, соответствующие мировому уровню и даже превосходящие его, в целом транспортное проектирование и смежные отрасли с трудом преодолевают барьер цифровизации.

Список литературы / References

1. Kimm G., Burry M., 2021. Steering into the skid: arbitrating human and artificial intelligences to augment the design process. In: Proceedings of the 40th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA);
2. Nauata et al., (2021) Nauata, N., Hosseini, S., Chang, K.—H., Chu, H., Cheng, C.—Y., and Furukawa, Y., 2021. House-gan++: Generative adversarial layout refinement network towards intelligent computational agent for professional architects. In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, — pp. 13632–13641. <https://doi.org/10.1109/CVPR46437.2021.01342>;
3. Kim and Huang, (2023) Kim F. C. and Huang J., 2023. Perspectival GAN. In Co-creating the Future, Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe), Volume 1, — pp. 341–350. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2022.1.341>;
4. González and Garcia, (2024) González A. F., and Garcia M., 2024. A posthuman architectural artificial intelligence speculum? Text and images in future spaces. *Architectural Design*, 94(1):22–29. Wiley Online Library. <https://doi.org/10.1002/ad.3010>;
5. Белов А.В. Проблемы и перспективы применения технологий искусственного интеллекта в транспортном проектировании. *Московский транспорт. Наука и проектирование.* — 2025, № 1. — С. 55–65.
6. Mroska, L., von Both, P., 2019. Quo vadis AI in architecture?— survey of the current possibilities of AI in the architectural practice. In: Proceedings of 37 eCAADe and XXIII SIGraDi Joint Conference;
7. Peng Z.—R., Lu K.—F., Liu Y., & Zhai W. (2023). The Pathway of Urban Planning AI: From Planning Support to Plan-Making. *Journal of Planning Education and Research*, 44(4), 2263–2279. <https://doi.org/10.1177/0739456X231180568>;
8. Chen and Hays, (2018) Chen W. and Hays J., 2018. Sketchygan: Towards diverse and realistic sketch to image synthesis. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 9416–9425. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00981>;
9. Farshad et al., (2023) Farshad A., Yeganeh Y., Chi Y., Shen C., Ommer B., and Navab N., 2023. Scenegenie: Scene graph guided diffusion models for image synthesis. In Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision, pages 88–98. <https://doi.org/10.1109/ICCVW60793.2023.00016>;
10. Chengyuan Li, Tianyu Zhang, Xusheng Du, Ye Zhang, Haoran Xie, Generative AI models for different steps in architectural design: A literature review, *Frontiers of Architectural Research*, Volume 14, Issue 3, 2025, Pages 759–783, ISSN2095–2635, <https://doi.org/10.1016/j.foar.2024.10.001>;
11. Devlin et al., (2018) Devlin J., Chang M.—W., Lee K., and Toutanova K., 2018. Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1810.04805>;
12. Koehler, (2023) Koehler, D., 2023. More than anything: Advocating for synthetic architectures within large-scale language-image models. *International Journal of Architectural Computing*, Volume 21, — pp. 242–255. <https://doi.org/10.1177/14780771231170455>;
13. Lartey, Desmond & Law, Kris. (2024). A Proposed Methodology for Intelligent Decision-Making in Smart Cities and Urban Planning;
14. Khediri, Abderrazak & Laouar, Mohamed & Eom, Sean. (2021). Improving Intelligent Decision Making in Urban Planning: Using Machine Learning Algorithms. *International Journal of Business Analytics*. 8. 40–58. 10.4018/IJBAN.2021070104;
15. Jeon, Minwuk & Oh, Byoung-Woo. (2016). Analyzing Spatial Data Using Clustering Algorithm for Urban Planning. 112–114. 10.14257/astl.2016.135.28;
16. Kumar, Punit & Gupta, Atul. (2020). Active Learning Query Strategies for Classification, Regression, and Clustering: A Survey. *Journal of Computer Science and Technology*. 35. 913–945. 10.1007/s11390–020–9487–4.

Статья получена 14.05.2025 | статья опубликована 18.06.2025

Сведения об авторах	Information about the authors
<p>Лебедев Сергей Аркадьевич кандидат экономических наук, руководитель департамента программной инженерии ФКН НИУ ВШЭ Адрес: ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 109028, г. Москва, Покровский бульвар, д. 11 SPIN-код: 5995–1176 E-mail: salebedev@hse.ru</p>	<p>Lebedev Sergey Arkad`evich Candidate of Economic Sciences (Ph.D. in Economics), Head of the Department of Software Engineering, Faculty of Computer Science, HSE University Address: «National Research University Higher School of Economics», 109028, Moscow, 11 Pokrovsky Bulvar SPIN-code: 5995–1176 E-mail: salebedev@hse.ru</p>
<p>Красноженов Григорий Григорьевич кандидат физико-математических наук, ведущий эксперт научно-учебной лаборатории методов анализа больших данных Института искусственного интеллекта и цифровых наук НИУ ВШЭ Адрес: ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 109028, г. Москва, Покровский бульвар, д. 11 SPIN-код: 6813–2467 E-mail: gkrasnozhenov@hse.ru</p>	<p>Krasnozhenov Grigoriy Grigorievich Candidate of Physical and Mathematical Sciences (Ph.D. in Mathematics/Physics), Leading Expert of the Research and Educational Laboratory for Big Data Analysis Methods, Institute for Artificial Intelligence and Digital Sciences, HSE University Address: «National Research University Higher School of Economics», 109028, Moscow, 11 Pokrovsky Bulvar SPIN-code: 6813–2467 E-mail: gkrasnozhenov@hse.ru</p>
<p>Белова Наталья Сергеевна кандидат технических наук, доцент департамента программной инженерии ФКН НИУ ВШЭ Адрес: ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 109028, г. Москва, Покровский бульвар, д. 11 SPIN-код: 8505–5382 E-mail: nbelova@hse.ru</p>	<p>Belova Natalia Sergeevna Candidate of Technical Science (Ph.D. in Engineering), Associate Professor of Software Engineering Department, Faculty of Computer Science, HSE University Address: «National Research University Higher School of Economics», 109028, Moscow, 11 Pokrovsky Bulvar SPIN-code: 8505–5382 E-mail: nbelova@hse.ru</p>

Приложение 1

Таблица 1

Сводная таблица продуктов, проанализированных в рамках исследования. В настоящем приложении приведен перечень информационных платформ, продуктов, разработок, прошедших анализ в рамках исследования опыта использования технологий искусственного интеллекта в транспортном проектировании и смежных отраслях.

Перечень продуктов с технологиями ИИ в проектировании и смежных отраслях

№	Наименование продукта	Ссылка на источник информации	Условия правообладания/распространения	Страна происхождения
Российские продукты				
1	Биганто 360	https://biganto.ru/	Лицензия 1 год 100 объектов для «оцифровки» 1 млн руб.	РФ ООО «Биганто»
2	VIM	https://new.vimflat.ru/ https://cifrastroy.ru/uploads/files/VIM-intro.pdf	Лицензия 200 тыс. руб. в месяц	РФ ООО «ИММЕРСИЯ СК»
3	Техзор	https://tehzor.com/	Лицензия пилот 450 тыс. руб. + 1–2,5 руб. за 1 м ² /мес.	РФ ООО «ИТМС-П», ГК «Техзор»
4	Smart systems	https://sm.systems/	Лицензия Аппаратный комплекс (три камеры, модем) и ПО Цена по запросу	РФ ООО «Смарт-Системы»
5	гПМ	https://rtim.city/	Лицензия Облачная подписка от 2,5 млн руб. на 1 год и 5 пользователей	РФ «Рокет Групп»
6	Conceptual (набор плагинов)	https://inpad.store/	Лицензия 17 тыс. руб. в год на 1 пользователя за 1 плагин. Всего разных плагинов порядка 30	РФ ООО «Институт проектирования, архитектуры и дизайна» / ООО НПК «Микроструктура»
7	BRIO MRS	https://briomrs.ru/	Лицензия Устройство/планшет и ПО Цена по запросу	РФ ГК БРИО https://briogroup.ru/
8	nanoCAD NSR Specification	https://www.nanocad.ru/ https://www.nanocad.ru/products/nsr_specification/	Лицензия Порядка 400 тыс. руб. постоянная сетевая лицензия + дополнительные продукты Нанософт Страница цен: https://www.nanocad.ru/buy/	РФ ООО «Нанософт разработка»

№	Наименование продукта	Ссылка на источник информации	Условия правообладания/распространения	Страна происхождения
9	Компас-3D	https://kompas.ru/kom-pas-3d/about/#about	Лицензия 250 тыс. руб. постоянная сетевая лицензия	РФ ООО «АСКОН-Системы проектирования»
10	Конструктор документов constructor.ppr48.ru	https://constructor.ppr48.ru/	Лицензия Один документ от 500 руб.	РФ «Проектно-инжиниринговая компания ППР48»
11	Plannerix	https://plannerix.com/	Лицензия Один дизайн планировки 4 тыс. руб.	РФ ООО «Планнерикс»
12	ТИМ КРЕДО проектирование	https://credo-dialogue.ru/produktu/tim-kredo-proekti-govanie.html	Лицензия. 126 тыс. руб. в год Полный пакет ТИМ Кредо около 1,7 млн руб. в год	РФ Компания «Кредо-Диалог»
13	DreamDocs	https://dreamdocs.ru/	Лицензия Цена не афишируется	РФ ООО «АПЭРБОТ» (ДримДокс)
14	Renga	https://rengabim.com/	Лицензия 215 тыс. руб. в год	РФ ООО «Ренга Софтвэз»
15	Интеллектуальная система генерации проектной документации	https://script.engineering/	В разработке	РФ ООО «Скрипт»
16	RIDigitalTools	отсутствует	В разработке	РФ ООО «ПБ Р1»
17	УнитБИМ	https://www.unitbim.ru/ https://ubapp.ru/	В разработке Лицензия 100 тыс. руб. в год	РФ ООО «УнитБИМ»
18	ИС ИАНД	отсутствует	В разработке	РФ АО «Русатом»
19	ГПЗУ	отсутствует	В разработке	РФ Центр искусственного интеллекта в градостроительстве
20	Квартирография	отсутствует	В разработке	РФ Центр искусственного интеллекта в градостроительстве

№	Наименование продукта	Ссылка на источник информации	Условия правообладания/распространения	Страна происхождения
21	Цифровой нормоконтроль	отсутствует	В разработке	РФ Центр искусственного интеллекта в градостроительстве
22	NormaStroy	недоступны: http://normastro.ru/ https://bim.normastro.ru/	В разработке (информация недоступна)	РФ Предприниматель Арина Мохирева (?)
23				
24	AUTODESK: AutoCAD, Autodesk AEC Collection, Revit, Spacemaker/Forma, Navisworks, BIM 360 Route, Construction IQ	https://www.autodesk.com/products/autocad/overview https://www.autodesk.com/collections/architecture-engineering-construction/overview https://www.autodesk.com/eu/campaigns/spacemaker https://construction.autodesk.com/products/route/	Не доступна в РФ AEC Collection: \$3 560 в год	США Autodesk
25	Solibri	https://www.solibri.com/	Не доступна в РФ	Финляндия Solibri
26	ArchiCAD	https://graphisoft.com/solutions/archicad/	Не доступна в РФ	США Graphisoft
27	Topos	https://topos.com/	Не доступна в РФ	США Topos
28	Archistar	https://www.archistar.ai/	Не доступна в РФ	Австралия Archistar Pty Ltd
29	XKool AI Design Cloud Platform	http://xkool.ai	Не доступна в РФ	Китай XKool Technology
30	Mobius	https://mobius.design-automation.net/index.html	Open Source	Сингапур Design Automation Lab Mobius development
31	Rhino — Rhinoceros 3D	https://www.rhino3d.com/	Не доступна в РФ	США Robert McNeel & Associates
32	Grasshopper	https://www.grasshopper3d.com/	Входит в состав Rhino и поставляется с ним	США Scott Davidson

№	Наименование продукта	Ссылка на источник информации	Условия правообладания/распространения	Страна происхождения
33	Silvereye плагин для Rhino/ Grasshopper	https://www.food4rhino.com/en/app/silvereye-pso-based-solver		
34	BricsCAD	https://www.bricsys.com/en-us	Лицензия \$1 060 в год	Бельгия Bricsys
35	HyPar	https://hypar.io/	Бесплатная онлайн-платформа	Израиль Top Group
36	Gamma AR	https://gamma-ar.com/		Люксембург GAMMA Technologies S.à r. l.
37	Construction AI	https://www.construction.ai/	Нет информации	Канада Construction AI
38	Constru	https://constru.ai/	Нет информации	Израиль Top Group
39	OpenBuildings Designer MicroStation OpenCities Planner	https://www.bentley.com/en/products/product-line/building-design-software/openbuildings-designer https://www.bentley.com/software/building-design/	Цена лицензии зависит от региона MicroStation порядка \$2 448 за год	США Bentley Systems
40	ArcGIS CityEngine	https://www.esri.com/ru-ru/arcgis/products/arcgis-pro/overview	Не доступна в РФ	США Ersi
41	Digital Blue Foam (DBF)	https://www.digitalbluefoam.com/feature-main-cat/ai-generative-design	Информация по запросу корпоративным заказчикам с числом сотрудников от 1000 человек	Сингапур Digital Blue Foam
42	Architectures.AI	https://architectures.com/en		
43	Spacio.AI	https://spacio.ai/	Информация недоступна	Норвегия Spacio
44	TestFit	https://www.testfit.io/	\$8 000 в год	США TestFit, Inc
45	Blueprints AI	https://www.blueprints-ai.com/	В разработке	США BlueprintsAI

№	Наименование продукта	Ссылка на источник информации	Условия правообладания/распространения	Страна происхождения
46	PromeAI	https://www.promeai.pro/ru https://www.promeai.pro/blog/	\$708 в год	Гонконг Лаборатория LibAI
47	Leonardo.Ai: AI Architecture Generator	https://leonardo.ai/ai-architecture-generator/	Онлайн сервис Свободное применение (ограничение на объем использования)	Австралия Leonardo Interactive Pty Ltd
48	ArchiVinci	https://www.archivinci.com/	\$450 в год	Великобритания ArchiVinci
49	Maket.ai	https://www.maket.ai/	\$288 в год	Канада Maket
50	Text to CAD Text2CAD	https://zoo.dev/text-to-cad https://github.com/SadiKhan/Text2CAD	Облачный сервис Text to CAD \$0,50 в минуту	США ZOO CORPORATION
51	Vectorworks Landmark	https://www.vectorworks.net/en-US/landmark	€2 100 в год	США Vectorworks, Inc
52	Swapp	https://swapp.ai/	Зависит от количества работников и решаемых задач, точные цены не объявляются	Израиль swapp.ai

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭКСПЕРТИЗЕ НАУЧНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

А. И. Гришин

*Российский государственный гуманитарный университет (РГГУ),
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (МГТУ)*

Е. А. Косарева

ГБУ «МосТрансПроект»

Аннотация. В статье рассматриваются возможности применения технологий искусственного интеллекта (ИИ) для повышения эффективности экспертизы целеполагающих документов научно-исследовательских работ (НИР). Анализируются существующие методы экспертной оценки, выявляются их недостатки, такие как высокая трудоемкость, субъективность и значительные временные затраты. Предлагается архитектура цифровой интеллектуальной экспертной системы (ЦИЭС), способной автоматизировать ключевые этапы экспертизы, включая подбор экспертов, анализ документов и формирование заключений. Особое внимание уделено выбору методов ИИ, таких как машинное обучение, обработка естественного языка и гибридные подходы, а также их интеграции в существующие экспертные процессы. Статья адресована специалистам в области управления наукой, экспертам и разработчикам цифровых решений.

Ключевые слова: искусственный интеллект, экспертиза НИР, цифровая экспертная система, машинное обучение, обработка естественного языка.

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS IN SCIENTIFIC DOCUMENTATION EXPERTISE

A. I. Grishin

*Russian State University for the Humanities (RSUH),
Bauman Moscow State Technical University (MSTU)*

E. A. Kosareva

SBI «MosTransProject»

Abstract. The article examines the potential applications of artificial intelligence (AI) technologies for enhancing the efficiency of expert review of goal-setting documents in research and development projects. The study analyzes existing methods of expert assessment and identifies their shortcomings, including high labor intensity, subjectivity, and significant time requirements. The authors propose an architecture for a Digital Intelligent Expert System (DIES) capable of automating key stages of the expert review process, including expert selection, document analysis, and conclusion formulation. Particular attention is given to the selection of AI methods, such as machine learning, natural language processing, and hybrid approaches, as well as their integration into existing expert review processes. The article is addressed to specialists in science management, experts, and developers of digital solutions.

Keywords: artificial intelligence, research and development expert review, digital expert system, machine learning, natural language processing.

Введение

В ряде научных публикаций [5, 6, 7] представлены обзоры и анализ существующих процессов проведения экспертизы научных работ. Отмечено, что экспертные работы проводятся на всех этапах проведения научно-исследовательских работ: целеполагания, выполнения, внедрения результатов. В рамках каждого из перечисленных этапов требуются различные методологические подходы и высоко квалифицированные эксперты. Проведение экспертизы связано с серьезными временными и финансовыми затратами, с поиском экспертов и оценкой их квалификации. Совершенствование экспертной деятельности видится на пути активного внедрения цифровых экспертных систем (ЦЭС), а также проектирования и внедрения технологий искусственного интеллекта. Для

Метод

Для достижения поставленной цели авторами был проведен глубокий анализ российской и зарубежной литературы, касающейся методологии экспертной работы. Выявлено, что в последние три десятилетия практически не было опубликовано результатов исследований в области организации, порядка проведения и методологии экспертизы научных материалов. Размещенные на порталах elibrary.ru и scopus.com публикации, описывающие методологию экспертизы,

Результаты и обсуждение

Методология проектирования и реализации ЦИЭС

Создание эффективных ЦИЭС является важным фактором улучшения экспертной деятельности. Внедрение технологий ИИ в ЦЭС помимо автоматизации формальных задач позволит системе самообучаться, улучшать коммуникацию с пользователями за счет компьютерного зрения и более натурального языка.

ЦИЭС должна быть способна предоставлять организаторам экспертизы информацию об экспертах, их квалификации, экспертам — доступ к базам данных НИР и знаний и другую полезную информацию. Система также должна обрабатывать большие объемы данных, понимать запросы экспертов, формировать экспертные заключения. Помимо того, что ЦИЭС должна представлять пользователям точную и адекватную информацию в режиме реального времени, важно, чтобы она была проста в использовании и интуитивно понятна пользователям. Система должна снизить нагрузку на экспертов. Использование ИИ в экспертной деятельности пред-

разработки архитектуры ЦИЭС и оценки возможности интеграции ее с существующими ЦЭС авторами исследованы эксплуатируемые ЦЭС, используемые технологии ИИ, проведен анализ практики экспертной деятельности на примере Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы (далее — Департамент транспорта).

В данной работе более детально и конкретно рассматривается совершенствование экспертной деятельности целеполагающих документов через внедрение в ЦЭС технологий ИИ.

Цель данного исследования — анализ и оценка возможности применения технологий ИИ для повышения эффективности экспертизы планов НИР.

датованы преимущественно концом XX века. Критический анализ разработанных авторами публикаций подходов, учет современных тенденций в сфере экспертной деятельности и имеющихся в распоряжении экспертов информационных технологий, в том числе технологий ИИ, а также исследование методологии проектирования информационных систем позволили авторам сделать представленные в статье предложения по автоматизации экспертной работы.

ставляет большой потенциал для улучшения эффективности и качества самой экспертной работы.

Однако следует учитывать, что создание ЦИЭС является сложным, а успешная разработка и реализация этого проекта требует высокой квалификации разработчиков, длительного времени, финансовых затрат, больших объемов данных, постоянного совершенствования и обучения пользователей. Если при проектировании системы в алгоритмах обучения ИИ будут допущены ошибки, то выдаваемые ИИ решения будут некорректными или неверными [9].

Выбор процессов ИИ для разработки цифровой интеллектуальной экспертной системы заключается в способности этого механизма автоматизировать формальные задачи, самообучаться и улучшать коммуникацию с экспертами и другими пользователями за счет компьютерного зрения и естественного языка, сокращения времени реакции и повышения доступности.

Преимущества использования ИИ заключаются в улучшении функциональности, более натуральном языке, самообучении и самосовершенствовании, повышении эффективности и уменьшении затрат времени и финансов на экспертизу НИР.

Существуют различные варианты проектирования и реализации ЦИЭС:

- Создание с чистого листа подразумевает полный цикл разработки ЦИЭС — от формирования архитектуры и проектирования интерфейса до сдачи системы в эксплуатацию. Этот вариант позволяет получить уникальный функционал, кастомизацию под существующие экспертные процессы, большой потенциал развития, контроль над безопасностью, гибкость в изменении экспертных процессов. Следует отметить, однако, что создание ЦИЭС с чистого листа связано со сложностью, длительностью и высокой стоимостью разработки, необходимостью наличия высокопрофессиональных сотрудников и опыта в области программирования, необходимостью постоянной поддержки развития системы, низкой скоростью внедрения.
- Следующий вариант — использование платформ для разработки ЦИЭС. Существуют специальные платформы, такие как OutSystems AI Agent Builder, API OpenAI, Microsoft Azure AU и другие, которые позволяют создавать интеллектуальные цифровые системы без знания языков программирования и с помощью графического интерфейса. Такие платформы содержат готовые шаблоны и инструменты, позволяющие сформировать базовый функционал [9]. Преимущества использования платформ для разработки ЦИЭС заключаются в том, что они позволяют обеспечить простоту, удобство и разнообразие функционала, а также поддержку обновления. При этом они способствуют сокращению времени и затрат на разработку, и ограничивают риск. Недостатки использования платформ для разработки ЦИЭС связаны с ограниченностью их функционала набором стандартных действий, неполной настройкой пользовательского интерфейса, недостаточным контролем данных, ограниченными возможностями интеграции с другими системами, зависимостью от самой платформы.
- Возможен вариант использования подобных (похожих) готовых решений. В экспертной научной деятельности используются такие ЦИЭС, как Yes NoError и другие, которые уже имеют определенный функционал и могут быть подстроены под конкретные требования организаций. Использование аналогичных готовых

решений упрощает процесс создания ЦИЭС в научных организациях. Преимущества использования готовых решений связаны с быстротой разработки, удобным интерфейсом, недорогим решением, поддержкой развития системы, возможностью интеграции с другими платформами. Недостатками использования готовых решений являются ограниченный функционал и контроль над разработкой, риски безопасности, высокая стоимость.

В сфере ИИ существует широкий спектр методов и моделей. Это машинное обучение, глубокое обучение, обработка естественного языка, компьютерное зрение, автоматическое планирование и принятие решений и другие. Перечисленные методы наделены определенным собственным набором возможностей, комбинируя которые можно создавать более сложные интеллектуальные системы. Ниже приведен сравнительный анализ преимуществ и недостатков различных методов с целью выбора наиболее подходящего для нашей ситуации.

Метод правил заключается в том, что разработчик задает набор правил и инструкций, по которым интеллектуальная система должна общаться с пользователем. Этот метод используют преимущественно для проектирования простых виртуальных систем, предназначенных для выполнения конкретных задач [11].

Метод машинного обучения используется для разработки более сложных виртуальных интеллектуальных комплексов, которые могут «учиться» на основе данных и опыта [11]. Следует иметь в виду, однако, что данных может потребоваться большое количество, как и времени для обучения. К преимуществам метода машинного обучения можно отнести адаптивность, гибкость, непрерывное обучение. В то же время использование машинного обучения требует больших объемов данных, их постоянного обновления, наличия опытного персонала.

Гибридный метод сочетает в себе метод правил и машинное обучение. Для выполнения простых задач используется метод правил, а для более сложных ситуаций — метод машинного обучения [11]. Преимущества гибридного метода заключаются в том, что он способствует увеличению точности ответов, расширению функциональности, уменьшению затрат на создание. Недостатки гибридного метода связаны с длительным временем на координацию двух подходов, ростом риска ошибок и замедления принятия решений, сложностью создания, высокими требованиями к данным, сложностью перенастройки.

Кроме приведенных выше методов имеются *методы расширенной реальности, нейронные сети глубокого обучения, обработки естественного языка, компьютерное зрение* и другие.

Выбор методов, используемых в ЦИЭС, предопределяет ее архитектуру — основные модули и способы их взаимодействия. Модули выполняют различные функции, такие как обработка входных данных, корректировка и ввод их в базы данных. Для обеспечения максимальной эффективности и производительности системы архитектура, в том числе модули, должны быть тщательно спроектированы.

В соответствии с используемыми методами существуют виды архитектур: на основе правил и машинного обучения, гибридная и нейронная архитектура, на основе расширенной реальности.

Основными модулями ЦИЭС могут являться пользовательский интерфейс, модули ввода текста, обработки языка, управления диалогом, интеграции с платформами и системами, хранения и управления данными, вывода ответа.

При выборе архитектуры необходимо учитывать ряд критериев, а также специфические потребности и задачи. К ним можно отнести функциональные требования, масштабируемость, скорость разработки и поддержки, стоимость, безопасность, возможности интеграции, гибкость и др.

Рассматривая функциональные требования к ЦИЭС, необходимо отметить, что в настоящее время в различных организациях экспертизе подлежат различные перечни документации. Например, в транспортном комплексе Москвы экспертизе подлежат следующие документы:

- целеполагающие документы (программа развития науки, планы научно-исследовательских работ на год);
- технические задания на конкретные НИР;
- отчеты о выполненных НИР;
- отчеты о результатах внедрения НИР и инновациях.

В рамках данной статьи мы рассматриваем процессы экспертной деятельности целеполагающих документов, в первую очередь планов научно-исследовательских работ организаций.

Авторы ряда публикаций, в частности Ю. Т. Шарабчиев и Т. В. Дудина [21], указывают, что анализ планов НИР в различных отраслях показал дублируемость тематики планируемых исследований в диапазоне 5–29%. Таким образом, затраты на выполнение НИР по одной и той же тематике могут достигать до трети общего объема расходов на науку средств. Эта ситуация касается не только отечественных исследований, но и зарубежных. Авторы убеждены, что более по-

ловины ресурсов, направляемых в науку, тратятся на исследования, цель которых недостаточно обоснована. Понимание ситуации привело к тому, что зарубежные компании в последнее время все чаще проводят предплановые исследования, в том числе анализ ранее выполненных и реализуемых в текущем периоде НИР. На эти предплановые исследования компании тратят около 2% от общих затрат на научные исследования.

Следует согласиться с мнением коллег [19, 20, 21], что планирование НИР, включающее оценку каждой включенной в план работы, должно быть самостоятельным разделом научно-исследовательской работы организации, иметь статус научной работы и финансироваться как самостоятельная НИР. При этом патентно-информационные исследования должны быть обязательной составной частью предплановых разработок.

При выборе приоритетной тематики и ее оценке Б. Ф. Зайцев и Б. А. Лапин [10] предлагают использовать следующие критерии отбора: экономическую эффективность, сроки и стоимость разработки, ее технический уровень, влияние на технический уровень производства, вероятность решения поставленной задачи. При этом по каждому из критериев авторы рекомендуют устанавливать трехбалльную шкалу оценок. К. Л. Горфан [5] при выборе перспективных тем использовал более 30 показателей, в числе которых характеризующие саму тему (перспективность, новизна, охраноспособность), ее ресурсное обеспечение и возможность внедрения результатов (спрос, наличие аналогичной продукции), а также финансовые затраты, экономический эффект, социальный эффект, влияние на качество жизни, учебно-методический, научный и научно-технический эффекты.

Экспертная оценка качества планирования и непосредственно самих НИР проводится по методикам, которых разработано множество [18]. Большинство из них сложны, поэтому на практике критерием качества проведенной экспертной оценки становится доверие к экспертам. Понятно, что по этому показателю объективно оценить качество экспертизы нельзя. Поэтому возникает потребность в единых научно обоснованных показателях оценки планируемых НИР.

Результативность планируемой НИР характеризуется, как правило, следующими показателями: 1) научная новизна (принципиально новые исследования, не имеющие аналогов; разработка новой продукции; разработка продукции, частично модифицированной, но сохраняющей основные характеристики), 2) уровень использованной идеи (на основе открытия, изобретения,

рацпредложения и т. д.), 3) масштаб применения предлагаемых новшеств, 4) предполагаемая себестоимость производства созданного продукта или услуги и др. При сопоставлении конкурирующих проектов и программ сравниваются их оценочные показатели.

При принятии решения о выполнении НИР, результаты которых не являются охранопригодными, показатель новизны вместо патентов на результаты интеллектуальной деятельности (далее — РИД) и свидетельств о государственной регистрации в Федеральной службе по интеллектуальной собственности (далее — Роспатент) на изобретения, полезную модель, промышленный образец, программу для ЭВМ, базу данных и прочие виды РИД, принимаемые к патентованию в Роспатенте, может оцениваться разработкой нормативных, технических, организационно-методических, информационно-справочных и учебных документов (положений, стандартов, методик, инструкций, наставлений, руководств, пособий, справочников), а также разработкой проектов ТЗ на разработку продукции (изделий, технологических процессов и т. п.).

При оценке отраслевых программ и планов НИР можно использовать показатель наукоемкости, рассчитываемый либо как отношение затрат на научные исследования к валовой продукции отрасли или расходам на ее содержание за год, либо как отношение численности трудовых ресурсов, занятых в отраслевой науке, к численности трудовых ресурсов на производстве. Используя показатель отраслевой наукоемкости, можно сравнивать уровни развития науки в различных отраслях и даже странах.

В различных организациях сформировался различный алгоритм планирования НИР, предполагающий оценку каждой из включенных в план НИР. Например, в транспортном комплексе города Москвы оценку планируемых НИР на первом этапе осуществляют Ученый совет организации ГБУ «МосТрансПроект» (подведомственной организации Департамента транспорта). Ответственный от заказчика, в роли которого выступают заместители руководителя Департамента транспорта, по планируемой НИР представляет в ГБУ «МосТрансПроект» проект технического задания, календарный план выполнения НИР и финансово-экономическое обоснование стоимости работы. После поступления в ГБУ «МосТрансПроект» документы рассматриваются на заседании Ученого совета.

Получив положительное заключение Ученого совета, планируемая НИР проходит экспертизу в одной из рабочих (экспертных) комиссий Экспертного совета по науке, созданного при Департаменте транспорта.

Член рабочей группы — ведущий ученый по предлагаемой к исследованию проблеме — назначается экспертом и представляет заключение на планируемую НИР.

Заключение эксперта НИР заслушивается на заседании рабочей (экспертной) комиссии, в которую входит 5-6 членов. Для экспертной оценки каждой НИР, включенной в план, все члены рабочей (экспертной) комиссии заполняют чек-лист (анкету), проставляя баллы по каждому включенному в чек-лист показателю. Затем по каждой НИР суммируются результаты оценок всех экспертов и с целью исключения субъективизма определяется среднее значение по каждому показателю. Полученные средние значения каждого показателя корректируются с учетом «веса» этого показателя, после чего суммируются. Таким образом, полученные сводные баллы экспертной оценки по каждой теме НИР, включенной в план, предоставляются в Экспертный совет по науке при Департаменте транспорта и в научный центр ГБУ «МосТрансПроект». Эти итоги служат основанием для одобрения выполнения и включения в план НИР или, наоборот, для отказа от ее выполнения.

Следует отметить, что описанный порядок является частным случаем и установлен для транспортного комплекса города Москвы. В других организациях, в том числе зарубежных, имеются различные особенности. Например, в США количество назначаемых экспертов зависит от стоимости программы, но в среднем собирается не меньше шести мнений. Если мнения сильно расходятся, то по усмотрению директора программы проект может быть передан на дополнительную экспертизу в один из постоянных консультативных комитетов. Авторы проектов получают рецензии, но имена экспертов остаются для них неизвестными. Критерии выбора исследовательских проектов четко сформулированы и публикуются в официальных изданиях, что обеспечивает их максимальную гласность [16].

При использовании метода экспертной оценки в ходе планирования НИР организации на календарный период принципиально важным является подбор самих экспертов. Как ранее отмечалось, на практике подбор основывается на доверии к эксперту, которое, в свою очередь, основывается на оценке их компетентности.

В. А. Александров [2] описывает следующие методы оценки компетентности:

- самооценка эксперта по различным аспектам компетентности;
- оценка компетенций эксперта другими экс-

пертами (по опубликованным работам, опыту выполнения НИР по аналогичной тематике и другим результатам научной деятельности);

Обоснование архитектуры ЦИЭС

Как уже отмечалось, ЦИЭС — сложная многоуровневая система. Она позволяет организовать экспертную деятельность на всех этапах: от отбора экспертов до анализа качества проведенной экспертизы. В рамках системы взаимодействуют Заказчик экспертизы, Организатор экспертизы, Экспертный совет по науке, рабочие (экспертные) группы эксперты, операторы. Поэтому система должна включать технологический граф организации и проведения экспертизы в соответствии с установленным в организации алгоритмом экспертных процедур. Этот технологический граф также содержит процедуры ввода информации, обработки и анализа результатов экспертизы, в нем регламентирована деятельность экспертов, рабочих (экспертных) групп, Экспертного совета и операторов в процессе проведения экспертизы.

Как уже отмечалось ранее, первым этапом экспертизы является подбор экспертов. Поэтому в ЦИЭС должна быть предусмотрена процедура оценки качества знаний и опыта эксперта, получаемая одним из вышеописанных методов. Наиболее продуктивным способом оценки компетентности эксперта, по мнению большинства методологов, специализирующихся в экспертной деятельности, является формирование рейтинга эксперта в оценочных подсистемах. Рассчитанные рейтинговые показатели всех экспертов позволят не только подобрать наиболее квалифицированного эксперта для каждого конкретного случая, но и определить размер оплаты его труда.

В системе по каждому эксперту должна быть предусмотрена оценка его профессиональных компетенций по каждому из объектов экспертизы. В рассматриваемом нами случае экспертизы проекта плана НИР на предстоящий период — по каждой потенциальной НИР, включенной в проект плана. В ЦИЭС в привязке к каждому эксперту должен быть сформирован перечень научных направлений и специальностей, по которым он способен профессионально провести экспертизу научных работ. Представляется целесообразным при формировании перечня научных направлений для каждого эксперта учитывать аффилиацию эксперта с тем, чтобы ему не были направлены на экспертизу материалы, подготовленные представителями той же организации, к которой принадлежит и эксперт [18]. Таким образом ЦИЭС позволит минимизировать или даже исключить негативную практику, когда привлеченные экс-

- оценка эксперта по результатам его прошлой деятельности в качестве эксперта.

перты оценивают НИР не только по тематике, в которых они профессионально разбирается, но и по тематике, с которой они по тем или иным причинам знакомы недостаточно, а также когда при экспертизе возникает конфликт интересов эксперта и авторов экспертируемых материалов.

Кроме того, ЦИЭС должна позволять проводить коллективные оценки объектов экспертизы. Такая функция необходима при проведении экспертизы НИР, носящих комплексный характер. При экспертизе таких работ требуется оценка не одного эксперта, специализирующегося в одной конкретной области, а оценка коллектива экспертов, представляющих различные сегменты в одной области или даже различные области знаний. Для получения коллективной оценки в ЦИЭС должна быть заложена возможность формирования результирующей коллективной экспертной оценки на основании индивидуальных экспертных оценок. Алгоритм результирующих ранжирований в ЦИЭС может базироваться на различных механизмах: как механического суммирования выставленных экспертами итоговых рейтинговых оценок по каждой работе, так и расчета средневзвешенной рейтинговой оценки, когда экспертная оценка каждого эксперта умножается на коэффициент, характеризующий значение (вес) каждой составной части исследования, в которой каждый эксперт специализируется.

Разрабатываемая ЦИЭС, по разделяемому нами мнению ряда ученых, должна представлять собой достаточно гибкую систему оценивания объектов экспертизы, которая может быть «настроена» под каждую конкретную НИР, материалы которой подлежат экспертизе. Это означает, что ЦИЭС должна содержать развитую оценочную подсистему, способную настраиваться под любой объект экспертизы — в нашем случае под каждую из планируемых к выполнению НИР.

Заложенная в ЦИЭС оценочная подсистема должна содержать: набор оценочных критериев/показателей, информацию об их сравнительной весомости, шкалы для оценки значений по каждому из критериев/показателей.

Процесс экспертного оценивания требует информационного обеспечения. Чем больший объем информации будет предоставлен экспертам, тем на более качественный и объективный результат экспертизы может рассчитывать ее заказчик. Поэтому составной частью ЦИЭС должна быть

база данных, в которой содержится максимально возможный объем информации об объектах экспертизы, необходимой экспертам и организаторам экспертизы.

Как отмечалось выше, в процессе экспертизы научных материалов задействованы Заказчик экспертизы, Организатор экспертизы, Экспертный совет, эксперты, аналитическая группа и операторы. Поэтому в ЦИЭС должны быть автоматизированные рабочие места (АРМ) всех перечисленных участников, на которых они дистанционно в интерактивном режиме могут организовывать и непосредственно проводить экспертизы.

Таким образом, в общем виде структура ЦИЭС включает в себя:

- технические средства (вычислительная техника, интерфейсные средства и т. д.);

Заключение

В заключение констатируем, что именно информационные технологии могут и должны изменять и совершенствовать стиль и методы научной и научно-технической экспертизы, повышать уровень ее информационной и методической поддержки, а также качество результатов экспертизы.

Проведенное исследование показало, что внедрение ЦИЭС на основе технологий ИИ способно значительно улучшить качество и эффективность

- информационное обеспечение (специальные базы данных и базы знаний, доступ к общедоступным информационным системам);
- математическое обеспечение (методы и алгоритмы обработки информации);
- кадровое обеспечение (разработчики и пользователи — перечисленные выше участники экспертной деятельности).

Описанная в настоящей статье цифровая информационная система объединяет в единое целое все процессы и обеспечивает эффективность и безопасность экспертизы как организационными мерами (разграничением прав и обязанностей участников экспертизы), так и программными средствами (системой разграничения прав доступа).

экспертизы целеполагающих документов НИР. Система позволяет минимизировать субъективность, ускорить процессы и снизить затраты. Дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение функционала ЦИЭС, включая интеграцию с российскими и международными базами данных и разработку более сложных алгоритмов анализа.

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации». — Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731> (дата обращения: 04.03.2025).

2. Александров В. А. Проектирование и управление нововведениями. Обзор информации. — Минск: БелНИИНТИ, 1988. — 124 с.

3. Белоусов В. Л. Менеджмент: практика управления научными исследованиями. — М.: ФГУ НИИ РИНКЦЭ, 2009. — 167 с.

4. Волков В. И. Методология комплексной экспертизы инвестиционных программ и проектов. Монография, в 2 ч. — М.: ФГУ НИИ РИНКЦЭ, 2004. — 368 с.

5. Горфан К. Л. Математическое моделирование и совершенствование планирования научных исследований и разработок // В кн.: Управление исследованиями, разработками и внедрением новой техники. — М.: 1977. — С. 122-132.

6. Гришин В. И., Джафаров Э. Э. Искусственный интеллект в экспертизе результатов НИР // Московский транспорт. Наука и проектирование. — М.: 2025. № 1 (1). — С. 66-77.

7. Дивуева Н. А. Совершенствование организации и проведения научной и научно-технической экспертизы на основе автоматизированных систем экспертного оценивания // Инноватика и экспертиза. — 2011. — Вып. 2 (7) (дата обращения: 24.02.2025).

8. Дмитренко И. П., Краснова Ю. И. Экспертиза НИР // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. — М.: 2015. — № 10-1 (дата обращения: 27.02.2025).

9. Дутов А. В., Клочков В. В. Модель и критерии принятия решений в задачах оптимального планирования прикладных исследований в наукоемкой промышленности // Экономический анализ: теория и практика. — М.: 2014. № 44 (395). — С. 2-13.

10. Зайцев Б. Ф., Лапин Б. А. Организация научно-технического планирования. — М.: Экономика, 1970. — 207 с.

11. Искусственный интеллект (ИИ). [Сайт] — URL: <https://inlnk.ru/n0aX14> (дата обращения: 05.04.2025).

12. Критерии конкурсного отбора научных, научно-технических программ и проектов, пред-

ставленных на конкурс Российского научного фонда // Материалы официального сайта Российского научного фонда. <http://www.rscf.ru/> (дата обращения: 20.02.2025).

13. Литвак Б. Г. Экспертные технологии в управлении: учебное пособие.— 2-е изд. испр. и доп.— М.: Дело: Акад. нар. хоз-ва при Правительстве Рос. Федерации, 2004.— 398 с.

14. Митина О. В., Евдокименко А. С. Методы анализа текста: методологические основания и программная реализация // Вестник ЮУрГУ.— 2010.— № 40.— С. 29-38.

15. Положение об экспертных советах Российского научного фонда // Материалы официального сайта Российского научного фонда. <http://www.rscf.ru/> (дата обращения: 20.02.2025).

16. Пономарев А. Б., Пикулева Э. А. Методология научных исследований: Учебное пособие— Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политех. ун-та, 2014.— 186 с.

17. Порядок проведения экспертизы научных, научно-технических программ и проектов, представленных на конкурс Российского научного фонда // Материалы официального сайта Российского научного фонда. <http://www.rscf.ru/> (дата обращения: 24.02.2025).

18. Рекомендации эксперту Российского научного фонда. // Материалы официального сайта Российского научного фонда. <http://www.rscf.ru/> (дата обращения: 24.02.2025).

19. Трошин Д. В. Метод оценки результатов научно-исследовательских работ // Экономический анализ: теория и практика: науч.— практ. и аналит. журнал.— 2014.— № 46.— С. 50-59.

20. Тузова С. Ю., Горбунова И. Ю., Дивненко О. В., Колышкин В. А. О критериях экспертной оценки качества результатов проектов в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2014-2020 годы» // Современные инновации.— 2017.— № 1 (15) (дата обращения: 01.03.2025).

21. Шарабчиев Ю. Т., Дудина Т. В. Методология экспертизы планируемых и завершенных научно-исследовательских разработок. Международные обзоры: клиническая практика и здоровье.— 2013.— № 6 (6).— С. 141-161.

22. Юдина Н. П. Лекция «Критерии результатов научного исследования. Актуальность исследования и ее аргументы». <https://spravochnik.ru/lektoriy/kriterii-rezultatov-nauchnogo-issledovaniya-aktualnost-issledovaniya-i-ee-argumenty/> (дата обращения: 24.02.2025)

References

1. Ukaz Prezidenta Rossiiskoi Federatsii ot 10.10.2019 № 490 «O razvitiі iskusstvennogo intellekta v Rossiiskoi Federatsii» [Presidential Decree of the Russian Federation No. 490 dated 10.10.2019 «On the Development of Artificial Intelligence in the Russian Federation»]. Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731> (accessed: 04.03.2025).

2. Aleksandrov V. A. Proektirovanie i upravlenie novovvedeniyami. Obzor informatsii [Design and Management of Innovations. Information Review]. Minsk: BelNIINTI.— 1988.— 124 p.

3. Belousov V. L. Menedzhment: praktika upravleniya nauchnymi issledovaniyami [Management: Practice of Research Management]. Moscow: FGU NII RINKTsE.— 2009.— 167 p.

4. Volkov V. I. Metodologiya kompleksnoi ekspertizy investitsionnykh programm i proektov. Monografiya, v 2 ch. [Methodology of Comprehensive Expert Assessment of Investment Programs and Projects. Monograph, in 2 parts]. Moscow: FGU NII RINKTsE.— 2004.— 368 p.

5. Gorfan K. L. Matematicheskoe modelirovanie i sovershenstvovanie planirovaniya

nauchnykh issledovaniy i razrabotok [Mathematical Modeling and Improvement of Research and Development Planning]. In: Upravlenie issledovaniyami, razrabotkami i vnedreniem novoi tekhniki [Management of Research, Development and Implementation of New Technology]. Moscow.— 1977. pp. 122-132.

6. Grishin V. I., Dzhafarov E. E. Iskusstvennyi intellekt v ekspertize rezul'tatov NIR [Artificial Intelligence in Expert Assessment of Research Results]. Moskovskii transport. Nauka i proektirovanie [Moscow Transport. Science and Design]. Moscow.— 2025, № 1 (1).— pp. 66-77.

7. Divueva N. A. Sovershenstvovanie organizatsii i provedeniya nauchnoi i nauchno-tekhnicheskoi ekspertizy na osnove avtomatizirovannykh sistem ekspertnogo otsenivaniya [Improving the Organization and Conduct of Scientific and Scientific-Technical Expert Assessment Based on Automated Expert Evaluation Systems]. Innovatika i ekspertiza [Innovation and Expert Assessment].— 2011, № 2 (7) (accessed: 24.02.2025).

8. Dmitrenko I. P., Krasnova Yu. I. Ekspertiza NIR [Expert Assessment of Research Projects].

Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk [Current Problems of Humanities and Natural Sciences]. Moscow.— 2015, № 10-1 (accessed: 27.02.2025).

9. Dutov A. V., Klochkov V. V. Model' i kriterii prinyatiya reshenii v zadachakh optimal'nogo planirovaniya prikladnykh issledovaniy v naukoemkoi promyshlennosti [Model and Decision-Making Criteria in Optimal Planning Problems of Applied Research in Knowledge-Intensive Industry]. Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika [Economic Analysis: Theory and Practice]. Moscow.— 2014, № 44 (395).— pp. 2-13.

10. Zaitsev B. F., Lapin B. A. Organizatsiya nauchno-tekhnicheskogo planirovaniya [Organization of Scientific and Technical Planning]. Moscow: Ekonomika.— 1970.— 207 p.

11. Iskusstvennyi intellekt (II) [Artificial Intelligence (AI)]. Available at: <https://inlnk.ru/n0aX14> (accessed: 05.04.2025).

12. Kriterii konkursnogo otbora nauchnykh, nauchno-tekhnicheskikh programm i proektov, predstavlenykh na konkurs Rossiiskogo nauchnogo fonda [Criteria for Competitive Selection of Scientific and Scientific-Technical Programs and Projects Submitted to the Russian Science Foundation Competition]. Available at: <http://www.rscf.ru/> (accessed: 20.02.2025).

13. Litvak B. G. Ekspertnye tekhnologii v upravlenii: uchebnoe posobie [Expert Technologies in Management: Textbook]. 2nd ed., revised and expanded. Moscow: Delo: Akad. nar. khoz-va pri Pravitel'stve Ros. Federatsii.— 2004.— 398 p.

14. Mitina O. V., Evdokimenko A. S. Metody analiza teksta: metodologicheskie osnovaniya i programmaya realizatsiya [Text Analysis Methods: Methodological Foundations and Software Implementation]. Vestnik YuUrGU [Bulletin of South Ural State University].— 2010, № 40.— pp. 29-38.

15. Polozhenie ob ekspertnykh sovetakh Rossiiskogo nauchnogo fonda [Regulations on Expert Councils of the Russian Science Foundation]. Available at: <http://www.rscf.ru/> (accessed: 20.02.2025).

16. Ponomarev A. B., Pikuleva E. A. Metodologiya nauchnykh issledovaniy: Uchebnoe posobie [Research Methodology: Textbook]. Perm: Izd-vo Perm. nats. issled. politekh. un-ta.— 2014.— 186 p.

17. Poryadok provedeniya ekspertizy nauchnykh, nauchno-tekhnicheskikh programm i proektov, predstavlenykh na konkurs Rossiiskogo nauchnogo fonda [Procedure for Expert Assessment of Scientific and Scientific-Technical Programs and Projects Submitted to the Russian Science Foundation Competition]. Available at: <http://www.rscf.ru/> (accessed: 24.02.2025).

18. Rekomendatsii ekspertu Rossiiskogo nauchnogo fonda [Recommendations for Russian Science Foundation Experts]. Available at: <http://www.rscf.ru/> (accessed: 24.02.2025).

19. Troshin D. V. Metod otsenki rezul'tatov nauchno-issledovatel'skikh rabot [Method for Evaluating Research Results]. Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika: nauch.—prakt. i analit. zhurnal [Economic Analysis: Theory and Practice: Scientific-Practical and Analytical Journal].— 2014, № 46,— pp. 50-59.

20. Tuzova S. Yu., Gorbunova I. Yu., Divnenko O. V., Kolyshkin V. A. O kriteriyakh ekspertnoi otsenki kachestva rezul'tatov proektov v ramkakh FTsP «Issledovaniya i razrabotki po prioritetyam napravleniyam razvitiya nauchno-tekhnicheskogo kompleksa Rossii na 2014-2020 gody» [On Criteria for Expert Quality Assessment of Project Results within the Federal Target Program «Research and Development in Priority Areas of Development of the Russian Scientific and Technical Complex for 2014-2020»]. Sovremennye innovatsii [Modern Innovations].— 2017, № 1 (15) (accessed: 01.03.2025).

21. Sharabchiev Yu. T., Dudina T. V. Metodologiya ekspertizy planiruemykh i zavershennykh nauchno-issledovatel'skikh razrabotok [Methodology for Expert Assessment of Planned and Completed Research Developments]. Mezhdunarodnye obzory: klinicheskaya praktika i zdorov'e [International Reviews: Clinical Practice and Health].— 2013, № 6 (6),— pp. 141-161.

22. Yudina N. P. Lektsiya «Kriterii rezul'tatov nauchnogo issledovaniya. Aktual'nost' issledovaniya i ee argumenty» [Lecture «Criteria for Research Results. Research Relevance and Its Arguments»]. Available at: <https://spravochnik.ru/lektoriy/kriterii-rezultatov-nauchnogo-issledovaniya-aktualnost-issledovaniya-i-ee-argumenty/> (accessed: 24.02.2025).

Статья получена 14.05.2025 | статья опубликована 18.06.2025

Сведения об авторах	Information about the authors
<p>Гришин Алексей Игоревич кандидат экономических наук, доцент кафедры интегрированных коммуникаций и рекламы РГГУ, доцент кафедры ИБМ2 «Экономика и организация производства» МГТУ им. Н. Э. Баумана Адрес: ФГАОУ ВО Российский государственный гуманитарный университет, 125047, г. Москва, пл. Миусская, д. 6, стр. 6 ORCID: 0000-0002-7339-9361 SPIN-код: 6232-6185 E-mail: Grishin.AI@rggu.ru</p>	<p>Grishin Aleksey Igorevich Candidate of Economic Sciences (Ph.D. in Economics), Associate Professor of the Department of Integrated Communications and Advertising, RSUH; Associate Professor of the Department IBM2 «Economics and Production Management», Bauman MSTU Address: «Russian State University for the Humanities», 125047, Moscow, Miuskaya Square, building 6, section 6 ORCID: 0000-0002-7339-9361 SPIN-code: 6232-6185 E-mail: Grishin.AI@rggu.ru</p>
<p>Косарева Елена Александровна кандидат экономических наук, главный научный сотрудник ГБУ «МосТрансПроект» Адрес: ГБУ «МосТрансПроект», 101000, г. Москва, Потаповский переулок, д. 3, стр.1 ORCID: 0009-0002-1195-9068 E-mail: KosarevaEA@mtp.mos.ru</p>	<p>Kosareva Elena Aleksandrovna Candidate of Economic Sciences, (Ph.D. in Economics), Chief Research Fellow at the SBI «MosTransProject» Address: SBI «MosTransProject», 101000, Moscow, Potapovsky Lane, 3, building 1 ORCID: 0009-0002-1195-9068 E-mail: KosarevaEA@mtp.mos.ru</p>

УДК 338.516.46:339.133.057.2

ОЦЕНКА ВОСПРИЯТИЯ СТОИМОСТНОЙ ДОСТУПНОСТИ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА ГОРОДА МОСКВЫ В 2025 ГОДУ

А. В. Лукина

С. В. Мхитарян

Р. Р. Сидорчук

Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН),

Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова (РЭУ)

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы оценки восприятия стоимостной доступности пассажирами общественного транспорта г. Москвы. Оценка проводится на основе метода оценки ценовой чувствительности (PSM-метода) и модели воспринимаемой эластичности спроса на транспортные услуги (ВЭС-модели), построенных на основе онлайн опроса 1502 респондентов. Анализ проводился для билета «Кошелек» по карте «Тройка» на одну поездку. В результате было установлено, что диапазон приемлемой цены составил 63–95 руб. Текущий тариф в 63 руб. считают приемлемым 82% респондентов. ВЭС-модель позволила оценить изменения в воспринимаемой ценовой доступности общественного транспорта в г. Москве в результате повышения тарифа с 61 до 63 рублей. Оценка показала снижение воспринимаемой стоимостной доступности общественного транспорта на 4% среди пассажиров, часто использующих общественный транспорт (6 раз в неделю и чаще).

Ключевые слова: восприятие стоимостной доступности, оценка ценовой чувствительности пассажиров, тарифная политика на городском пассажирском транспорте, метод PSM, общественный транспорт, статистическое моделирование, билет «Кошелек», карта «Тройка».

ASSESSMENT OF PUBLIC TRANSPORT AFFORDABILITY PERCEPTION IN MOSCOW IN 2025

A. V. Lukina,

S. V. Mkhitaryan

R. R. Sidorchuk

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN),

Plekhanov Russian University of Economics (REU)

Abstract. This article examines the assessment of perceived affordability of Moscow public transport among passengers. The evaluation is conducted using the Price Sensitivity Measurement method (PSM method) and the Perceived Demand Elasticity for Transport Services model (PDETS model), based on an online survey of 1 502 respondents. The analysis focused on the «Wallet» ticket option using the «Troika» card for single journeys. The results established that the acceptable price range spans 63–95 rubles. The current fare of 63 rubles is considered acceptable by 82% of respondents. The PDETS model enabled assessment of changes in perceived price affordability of Moscow public transport resulting from the fare increase from 61 to 63 rubles. The evaluation demonstrated a 4% decrease in perceived affordability among passengers who frequently use public transport (six times per week or more).

Keywords: perceived affordability, passenger price sensitivity assessment, fare policy for urban passenger transport, PSM method, public transport, statistical modeling, «Wallet» ticket, «Troika» card.

Введение

Восприятие играет важную роль в формировании общественного мнения и отношения к происходящим изменениям тарифных планов на общественный транспорт. Оно может серьезно влиять на субъективную оценку происходящих изменений тарифов, вызывая положительную, нейтральную или негативную эмоциональную реакцию целевых групп [1].

Исследования связи между транспортными тарифами и спросом на общественный транспорт активно проводятся во многих странах, при этом авторы приходят к неоднозначным результатам [2–5]. Ожидаемо наблюдается отрицательная корреляция, когда высокие тарифы снижают спрос

Методы

В качестве индикатора тарифов на проезд в общественном транспорте была взята стоимость одного проезда по карте «Тройка» (билет «Кошелек»). В качестве инструментов для анализа диапазона приемлемых цен и оценки изменения воспринимаемой стоимостной доступности общественного транспорта были использованы метод PSM (Price Sensitivity Measurement), который традиционно используется для оценки ценовой чувствительности потребителей, и модель воспринимаемой эластичности спроса на транспортные услуги (ВЭС-модели), разработанная сотрудниками кафедры маркетинга РЭУ им. Г. В. Плеханова в 2022–2023 гг. в рамках НИР «Проведение

Результаты и обсуждение

Метод PSM потребовалось адаптировать под задачи оценки ценовой чувствительности к тарифам на общественный транспорт. В результате был получен диапазон приемлемой цены на одну поездку по карте «Тройка» (билет «Кошелек»), который составляет от 63 до 95 руб. Следует отметить, что цену в 63 руб. считают для себя приемлемой 82% респондентов, а цену в 75–78 руб. считают приемлемой около 80% респондентов (рис. 1).

Полученный результат показывает, что текущая цена в феврале 2025 года, которая составляет 63 руб. [8], находится на нижней границе диапазона приемлемой цены в соответствии с резуль-

на общественный транспорт, такая реакция наблюдается не только среди пассажиров с низким доходом, но и у более обеспеченных горожан. В то же время существуют и другие примеры, когда повышение цен не приводит к снижению спроса [6], а снижение цен на городской транспорт не оказывает существенного влияния на увеличение его использования [7].

В этой связи важной задачей становятся исследование и оценка изменения воспринимаемой стоимостной доступности общественного транспорта г. Москвы в 2025 году по сравнению с 2024 годом в результате повышения тарифов на проезд в общественном транспорте.

исследований по анализу критериев, в том числе стоимостных, обуславливающих выбор вида транспорта, используемого для передвижения по территории города Москвы»¹. Наполнение данными происходило на основе результатов онлайн-опроса на основе анкеты. За счет использования первой страницы анкеты со скрининговыми вопросами в опросе не принимали участие лица моложе 18 лет, а также те, кто не пользуется общественным транспортом в г. Москве, и кто имеет бесплатный проезд в общественном транспорте в г. Москве. Всего анкету заполняли 3 284 респондента, из которых по квотам и скринингу прошли только 1 502 респондента.

татами опроса. В то же время важным является вопрос о том, изменится ли восприятие пассажирами стоимостной доступности общественного транспорта г. Москвы после повышения тарифа в 2025 году? Для ответа на этот вопрос авторы воспользовались ВЭС-моделью, построение которой основывалось на результатах анкетирования пассажиров московского городского транспорта.

ВЭС-модель позволяет рассчитать коэффициенты эластичности на все виды транспорта общего пользования с учетом видов билетов и частоты поездок. Для целей нашего исследования был использован коэффициент эластичности по цене.

¹ Отчет о научно-исследовательской работе «Проведение исследований по анализу критериев, в том числе стоимостных, обуславливающих выбор вида транспорта, используемого для передвижения по территории города Москвы».

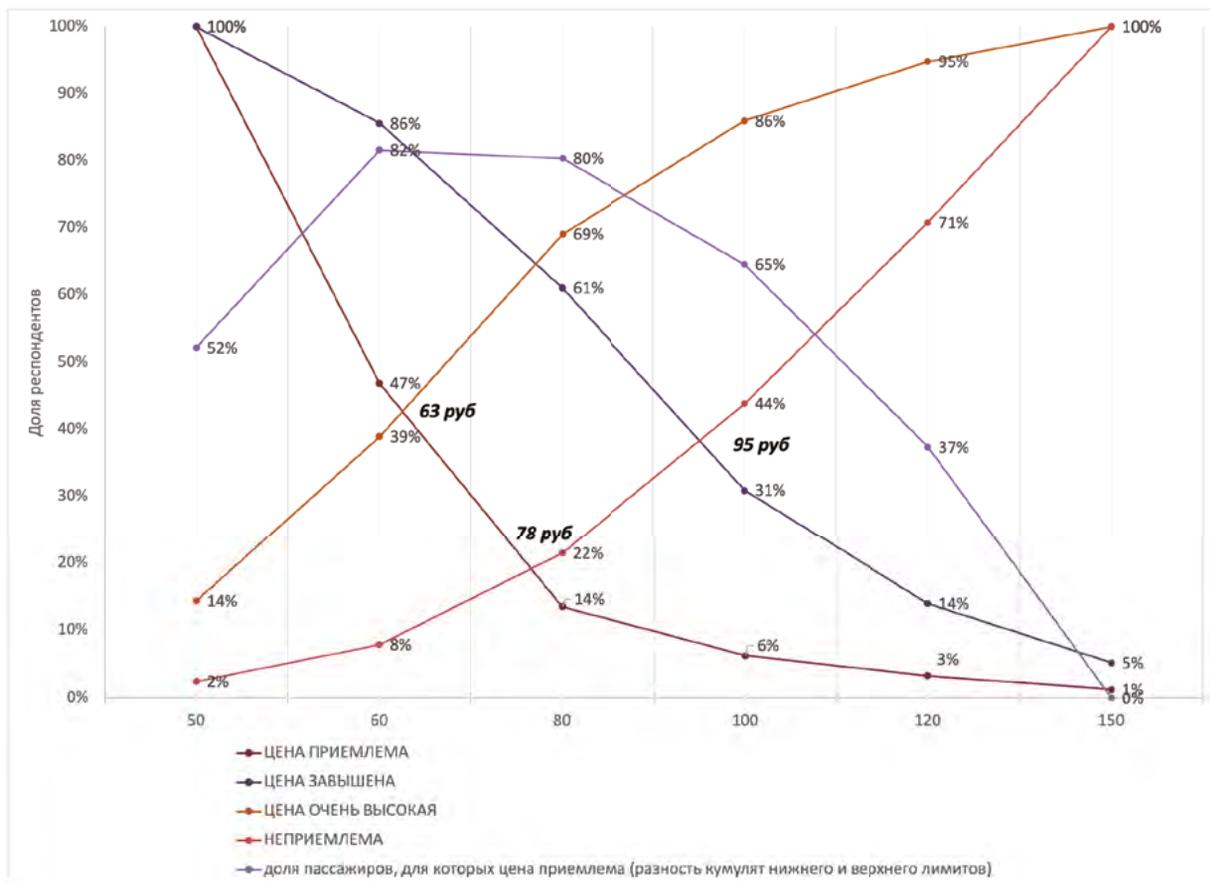


Рис. 1. Оценка диапазона приемлемой цены на одну поездку по карте «Тройка» (билет «Кошелек»)
 Источник: авторы исследования

В маркетинге и в бизнесе в целом под эластичностью обычно понимают воспринимаемую чувствительность, например спроса к изменению чувствительности одного из показателей (например объема спроса или предложения) к изменению другого показателя, в нашем случае цены. В статистике первый показатель называют зависимой переменной, а второй — независимой [9]. В этом ключе следует разнести понятия «ценовая чувствительность» и «эластичность по цене». Последнее относится к процентному изменению спроса на продукт при процентном изменении его цены. Это понятие показывает, насколько сильно изменение цены влияет на объем спроса. Продукты, на которые спрос эластичен, будут иметь большое изменение спроса при малом изменении цены, а продукты, на которые спрос неэластичен, будут иметь маленькое изменение спроса при большом изменении цены. Таким образом, основная разница между ценовой чувствительностью и эластичностью цены спроса заключается в том, что первая описывает изменение спроса на товар при изменении цены, а вторая — процентное изменение спроса на товар при процентном изменении его цены.

Еще один важный аспект — применимость коэффициента эластичности по цене в сфере

общественного транспорта несмотря на то, что тарифы здесь регулируются городскими властями. На первый взгляд может показаться, что фиксированные цены делают этот показатель менее значимым, но на деле все далеко не так. Любое изменение стоимости проезда — даже небольшое — неизбежно влияет на поведение пассажиров, а значит, вопрос эластичности спроса остается актуальным. Например, в каких-то случаях небольшое удорожание проезда не приводит к заметному оттоку клиентов, в том случае если у людей просто нет доступных альтернатив. Но с другой стороны, это сказывается на общественных настроениях и доступности поездок, что снижает мобильность горожан и может оказать существенное влияние на выбор места работы и т. п. А вот если общественный транспорт конкурирует с личными автомобилями, такси или даже каршерингом, реакция может быть куда более острой. В итоге важно понимать, насколько чувствительны пассажиры к изменениям цен.

В нашем случае зависимой переменной является спрос, независимой — цена. Для расчета коэффициента эластичности используется регрессионный анализ, в результате которого формируется модель с коэффициентами b_0 и b_1 [10].

Использование классических подходов к сбору данных в ходе наблюдений за определенным периодом либо в процессе экспериментов с изменяющимися тарифами невозможны. Во-первых, тарифы на общественный транспорт пересматриваются всего раз в год и, как правило, коррелируют с уровнем инфляции, то стандартные методы расчета коэффициента эластичности здесь неприменимы. Во-вторых, провести прямой эксперимент с искусственным изменением цен оказалось невозможным. Поэтому было решено провести полевое исследование, основанное на методе PSM. Этот метод подразумевает анкетирование респондентов, но без прямых вопросов типа «Сколько вы готовы платить?» Вместо этого участникам предлагалось выбрать наиболее приемлемый для них вариант среди нескольких предложенных. Для сбора данных респондентам задавались два вопроса:

«Какова вероятность того, что вы будете регулярно пользоваться метро, МЦК или МЦД при

различных тарифах на поездки по карте «Тройка»?» Здесь стоимость поездки варьировалась от 50 до 200 руб. (с шагом 10–20 руб.).

«Насколько вероятно, что вы выберете автобус, электробус или трамвай при изменении цен на проезд?» Здесь респондентам предлагались 11 вариантов ответов — от 0 (совсем не буду пользоваться) до 10 (буду пользоваться точно) [11].

Из 1 502 опрошенных человек 944 дали ответы на эти вопросы, что позволило построить зависимость вероятности использования транспорта от стоимости проезда (рис. 2).

Интересно, что даже при актуальном тарифе в 50 руб. вероятность поездки не достигает 100%, а составляет 8,6 балла, что можно интерпретировать как уровень удовлетворенности действующими ценами на уровне 86%. Повышение тарифа на 10 руб. (на 20%) снижает вероятность поездки на 20%, а увеличение цены на 20 руб. (на 40%) сокращает вероятность уже на 45%.

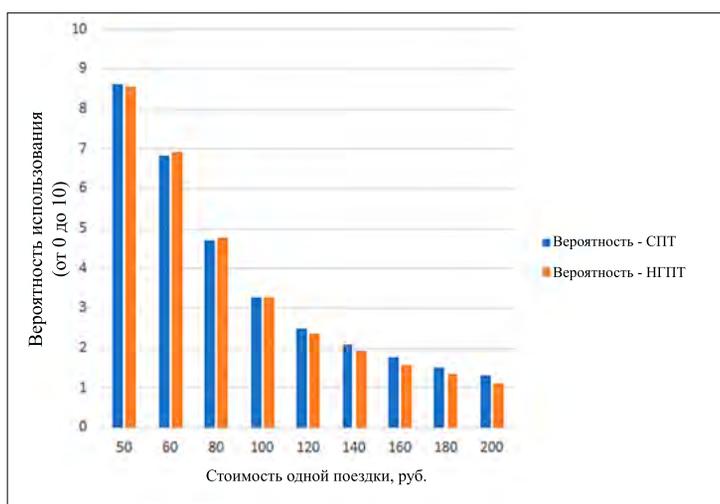


Рис. 2. Зависимость средней вероятности использования скоростного пассажирского транспорта (СПТ) и наземного городского пассажирского транспорта (НГПТ) в зависимости от стоимости одной поездки.

Источник: авторы исследования

При расчете коэффициента воспринимаемой эластичности использовалась оценки вероятности совершения поездки для различных значений стоимости проезда. В одном наблюдении учтена вероятность поездки при определенной цене. Каждое мнение респондента включало 9 наблюдений, соответствующих разным уровням цен. Перед построением регрессионной модели проведена линеаризация данных. Этот метод позволяет использовать инструменты линейной регрессии даже в случае нелинейных моделей.

$$\text{offlnln } y = \text{offlnln } b_0 + b_1 \text{ offlnln } x \quad (1)$$

где $\text{offlnln } y$, $\text{offlnln } x$, $\text{offlnln } b_0$ — натуральные логарифмы переменных y , x и коэффициента b_0 .

Расчет значений $\text{offlnln } y$, $\text{offlnln } x$ позволил использовать линейный регрессионный анализ,

чтобы исключить ошибки, все значения показателя вероятности. Кроме того, для исключения ошибки логарифма от 0, все значения показателя вероятности поездки были увеличены на 1. Регрессионный анализ проводился с использованием статистической надстройки MS Excel.

Нами были построены две регрессионные модели:

- для СПТ;
- для НГПТ.

Обе модели продемонстрировали значимость по F-критерию при уровне значимости 5%. Коэффициент детерминации у обеих моделей составил 0,34, что указывает на то, что модели объясняют 34% дисперсии вероятности использования пассажирского транспорта. Это обусловлено

различиями в оценках респондентами с различными уровнями доходов, частотой использования общественного транспорта и субъективным отношением к стоимости проезда.

Отталкиваясь от полученных моделей, можно заключить, что коэффициенты эластичности для СПТ и НГПТ похожи. Модели имеют отрицательное значение, следовательно, при увеличении стоимости проезда вероятность использования транспорта будет уменьшаться. Спрос на транспортные услуги

является эластичным (коэффициент эластичности по модулю больше 1): увеличение цены на 1% ведет к снижению вероятности использования транспорта на 1,26% для СПТ и на 1,28% для НГПТ.

Далее были построены модели зависимости вероятности поездки на СПТ и НГПТ от стоимости проезда при различных частотах использования общественного транспорта. Всего было создано 8 моделей (рис. 3).

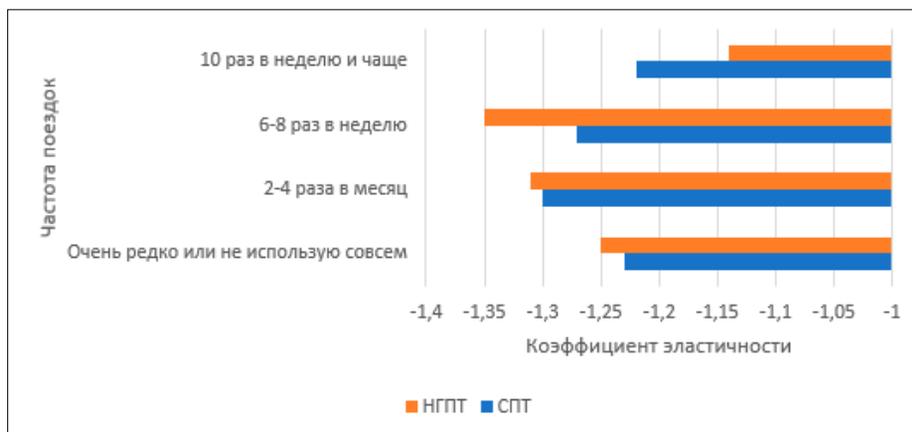


Рис. 3. Коэффициенты эластичности вероятности проезда СПТ и НГПТ от стоимости для различных частот использования общественного транспорта. Источник: авторы исследования

Коэффициент значимости для моделей составил 5%, что показывает, что модели имеют достаточную статистическую достоверность. Спрос на транспортные услуги демонстрирует на-

иболее высокую эластичность среди пассажиров, которые пользуются общественным транспортом с умеренной частотой, а разброс коэффициентов эластичности незначителен (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты эластичности спроса для различных вариантов оплаты проезда общественного транспорта

Варианты оплаты	Коэффициент эластичности СПТ	Коэффициент эластичности НГПТ
Вариант билета «Кошелек» на карте «Тройка»		
1 поездка метро или МЦД за 50 руб.	-1,25	-1,28
1 поездка на автобусе, электробусе или трамвае за 50 руб.	-1,27	-1,27
Билет «90 минут» метро + МЦД + автобус/электробус/трамвай за 75 руб.	-1,21	-1,20
Билет «90 минут» метро + МЦД за 50 руб.	-1,33	-1,36
Вариант оплаты бесконтактной банковской картой / смартфоном		
1 поездка на метро или автобусе, электробусе или трамвае за 56 руб.	-1,36	-1,40
1 поездка на метро, МЦК или МЦД за 56 руб.	-1,20	-1,19

Визуальный анализ таблицы 1 позволяет сравнить эластичности спроса для различных вариантов оплаты проезда. Как можно видеть, все коэффициенты эластичности варьируются от -1,4 до -1,2, разброс относительно небольшой, т. е. спрос эластичен, и повышение стоимости проезда на 1% приведет к снижению спроса от 1,2% до 1,4%.

Среди вариантов билета «Кошелек» на карте «Тройка» наиболее чувствителен спрос на билет «90 минут метро + МЦД за 50 руб.» (коэффициенты эластичности -1,33 для СПТ и -1,36 — для НГПТ), наименее чувствительный — билет «90 минут метро + МЦД + автобус/электробус/трамвай за 75 руб.» (коэффициенты эластичности -1,21 для СПТ и -1,20 — для НГПТ).

Среди вариантов оплаты бесконтактной банковской картой / смартфоном наиболее чувствителен спрос на 1 поездку на метро или автобусе, электробусе или трамвае за 56 руб. (коэффициенты эластичности $-1,36$ для СПТ и $-1,40$ — для НГПТ), наименее чувствительный — 1 поездка на метро, МЦК или МЦД за 56 руб. (коэффициенты эластичности $-1,20$ для СПТ и $-1,19$ — для НГПТ).

Далее нами была создана модель воспринимаемой доступности общественного транспорта в зависимости от стоимости проезда. Модель была построена с использованием функционала Excel на основе гибкой фильтрации различных видов

показателей. Для общего показателя доступности берется среднее взвешенное значение с учетом того, что, согласно данным Департамента транспорта Москвы за 2022 год, СПТ обслуживает 83% всех пассажироперевозок, тогда как на долю НГПТ приходится всего 17%. Динамическая модель для расчета изменений пассажиропотока основывается на коэффициентах эластичности, которые зависят от таких факторов, как тип билета и частота поездок.

Ниже в таблице 2 представлено изменение стоимости проезда по карте «Тройка» за последние четыре года на основе моделирования.

Таблица 2

Изменение стоимости проезда по карте «Тройка» (билет «Кошелек», зона «Центральная») за период 2022–2025 гг.

Год	Стоимость проезда по карте «Тройка» (билет «Кошелек», зона «Центральная»), руб.	Прирост стоимости проезда по отношению к предыдущему году
2022	50	-
2023	54	8 %
2024	57	6 %
2025	63	11 %

В 2023 году тариф повысился на 8% по сравнению с 2022 годом, в 2024 году — на 6% по сравнению с 2023 годом. Среднее ежегодное повышение тарифа с 2022 по 2024 год составил 7%. Таким образом, плановым повышением тарифа

в 2025 году, условно не влияющего на воспринимаемую стоимостную доступность общественного транспорта в Москве, можем считать 61 руб. (7% от тарифа в 57 руб. за 2024 г.). Реальный тариф оказался на 2 руб. выше базового.

Заключение

Полученные нами результаты показывают, что текущая цена билета «Кошелек» по карте «Тройка» находится в нижней границе диапазона приемлемой цены в соответствии с результатами опроса, при этом восприятие доступности общественного транспорта постепенно снижается по мере повышения цены. На основании ВЭС-модели были получены следующие результаты: воспринимаемая стоимостная доступность общественного транспорта (как скоростного, так и наземного) сократится на 4% по сравнению с базовым тарифом в 61 руб.

Расчеты проводились на основе коэффициентов эластичности воспринимаемого спроса по стоимости, полученных в модели: $-1,26$ для скоростного транспорта, $-1,28$ — для наземного.

Следует отметить, что для пассажиров, часто использующих общественный транспорт (6 раз

в неделю и чаще), воспринимаемая стоимостная доступность общественного транспорта сократится также на 4%.

Если бы стоимость в 2025 г. поднялась бы на 16% по сравнению с 2024 г., достигнув 66 руб., то воспринимаемая стоимостная доступность общественного транспорта сократилась бы на 10% по сравнению с базовым тарифом.

К ограничениям полученных результатов следует отнести ограничения метода онлайн-панели, которую нельзя назвать репрезентативной по определению кодекса ICC/ESOMAR [12], поскольку существует прямое или опосредованное стимулирование за участие в онлайн-панели и в опросе. Таким образом, мотивация респондента из онлайн-панели отличается от мотивации респондента классического исследования.

Список литературы

1. Utami C. P., Avianti W. Service Quality and Price Perception Increase Indrive Customer Satisfaction. *Innovation Business Management and Accounting Journal*. 2024 Aug 14;3(3):391–8
2. Akhrases A., Moslem S., Duleba S., Evaluating Passenger Demand for Development of the Urban Transport System by an AHP Model with the Real-World Application of Amman // *Appl. Sci.* — 2019. — 9 (22). — 4759. URL: <https://doi.org/10.3390/app9224759>
3. Isaac Oyeyemi Olayode, Bo Du, Alessandro Severino, Tiziana Campisi, Frimpong Justice Alex. Systematic literature review on the applications, impacts, and public perceptions of autonomous vehicles in road transportation system // *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. — Volume 10. — Issue 6. — 2023. — pp. 1037–1060, <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2023.07.006>, 3
4. Rocha, Hudyeron, Manuel Filgueiras, José Pedro Tavares, and Sara Ferreira. 2023. Public Transport Usage and Perceived Service Quality in a Large Metropolitan Area // *Sustainability*. — 2023. — 15. № 7. — p. 6287. <https://doi.org/10.3390/su15076287>
5. Lukina A. V., Sidorchuk R. R., Mkhitarjan S. V., Skorobogatykh I. I. and Musatova Z. B., 2023. A new combined model for assessing the perceived accessibility of public transport by consumers in the megapolis // *Emerg Sci J.* — 7(6). — pp. 2239–2259
6. Zhang J., Yan X., An M., Sun L. The Impact of Beijing Subway's New Fare Policy on Riders' Attitude, Travel Pattern and Demand // *Sustainability* — 2017. — 9. — p. 689. URL: <https://doi.org/10.3390/su9050689>
7. Brechan I. Effect of Price Reduction and Increased Service Frequency on Public Transport Travel // *Journal of Public Transportation*. — 2017. — 20 (1). — p. 139–156. URL: DOI: <https://doi.org/10.5038/2375-0901.20.1.8>
8. Официальный сайт Мосгортранс. Раздел тарифы и билеты. — Режим доступа: <https://www.mosgortrans.ru/passenger/fares/> (дата обращения: 12.02.2025), свободный. — Заглавие с экрана. — Яз. рус.
9. Маркетинг: создание и донесение потребительской ценности: учебник / под общ. ред. И. И. Скоробогатых, Р. Р. Сидорчука, С. Н. Андреева. — Москва: ИНФРА-М, 2024. — С. 589. — (Высшее образование). — DOI 10.12737/1003504. — ISBN978–5–16–019085–3. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2084406> (дата обращения: 06.03.2025). — Режим доступа: по подписке.
10. Мхитарян С. В. Методика оценки ценовой доступности общественного транспорта / С. В. Мхитарян // *Маркетинг в новой реальности: монография / под ред. В. В. Никишкина*. — Москва: Инфра-М, 2024. — С. 382–393. — 618 с. — ISBN978–5–466–07821–3.
11. Мхитарян С. В. Анализ и моделирование воспринимаемой эластичности спроса на услуги общественного транспорта в мегаполисе / С. В. Мхитарян // *Многомерный статистический анализ, эконометрика и моделирование реальных процессов: тезисы докладов XI-й международной конференции / Часть 1: Пленарные доклады. Секция 1. Многомерный статистический анализ и эконометрика / под ред. В. Л. Макарова*. — Москва: ЦЭМИ РАН, 2024. — С. 91–93. — 143 с. — DOI: 10.33276/978–5–8211–0827–2.
12. Международный кодекс ICC/ESOMAR по практике проведения маркетинговых и социальных исследований, изучения общественного мнения и анализа данных. / Европейское общество по изучению общественного мнения и маркетингу (ESOMAR). [Электронный ресурс]. — 2023. — URL: <https://esomar.org/uploads/attachments/ckqtgf5ux0119kjtrrv6ovzlx-iccesomar-code-russian.pdf> (дата обращения 25.02.2023)

References

1. Utami C. P., Avianti W. Service Quality and Price Perception Increase Indrive Customer Satisfaction. *Innovation Business Management and Accounting Journal*. 2024 Aug 14;3(3):391–8
2. Akhrases A., Moslem S., Duleba S., Evaluating Passenger Demand for Development of the Urban Transport System by an AHP Model with the Real-World Application of Amman // *Appl. Sci.* — 2019. — 9 (22). — 4759. URL: <https://doi.org/10.3390/app9224759>
3. Isaac Oyeyemi Olayode, Bo Du, Alessandro Severino, Tiziana Campisi, Frimpong Justice Alex. Systematic literature review on the applications, impacts, and public perceptions of autonomous vehicles in road transportation system//*Journal of Traffic and Transportation Engineering (English*

- Edition). — Volume 10. — Issue 6. — 2023. — Pages 1037–1060, <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2023.07.006>, 3
4. Rocha, Hudyeron, Manuel Filgueiras, José Pedro Tavares, and Sara Ferreira. 2023. Public Transport Usage and Perceived Service Quality in a Large Metropolitan Area // *Sustainability.— 2023.— *15. № 7.— p. 6287. <https://doi.org/10.3390/su15076287>
 5. Lukina A. V., Sidorchuk R. R., Mkhitarian S. V., Skorobogatykh I. I. and Musatova Z. B., 2023. A new combined model for assessing the perceived accessibility of public transport by consumers in the megapolis//Emerg Sci J. — 7 (6). — pp. 2239–2259
 6. Zhang J., Yan X., An M., Sun L. The Impact of Beijing Subway's New Fare Policy on Riders' Attitude, Travel Pattern and Demand // Sustainability—2017.— 9.— 689. URL: <https://doi.org/10.3390/su9050689>
 7. Brechan I. Effect of Price Reduction and Increased Service Frequency on Public Transport Travel // Journal of Public Transportation.— 2017.— 20 (1).— p. 139–156. URL: DOI: <https://doi.org/10.5038/2375-0901.20.1.8>
 8. Ofitsial'nyy sayt Mosgortrans. Razdel tarifov i biletov [Official website of Mosgortrans. Section on fares and tickets].— Access mode: <https://www.mosgortrans.ru/passenger/fares/> (accessed: 12.02.2025).— Title from screen.— Language: Russian.
 9. Marketing: sozdaniye i doneseniye potrebitel'skoy tsennosti: uchebnik [Marketing: creating and conveying consumer value: textbook] / ed. I. I. Skorobogatykh, R. R. Sidorchuk, S. N. Andreyev. — Moscow: INFRA-M, 2024. — 589 p. — (Higher education). — DOI 10.12737/1003504.— ISBN978–5–16–019085–3.— Text: electronic.— URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2084406> (accessed: 06.03.2025).— Access mode: by subscription.
 10. Mkhitarian S. V. Metodika otsenki tsenovoy dostupnosti obshchestvennogo transporta [Methodology for assessing the affordability of public transport] / S. V. Mkhitarian // Marketing v novoy real'nosti: monografiya [Marketing in the new reality: monograph] / ed. V. V. Nikishkin.— Moscow: INFRA-M, 2024.— pp. 382–393.— 618 p.— ISBN978–5–466–07821–3.
 11. Mkhitarian S. V. Analiz i modelirovaniye vospriniyemoy elastichnosti sprosa na uslugi obshchestvennogo transporta v megapolise [Analysis and modeling of perceived elasticity of demand for public transport services in a megalopolis] / S. V. Mkhitarian // Mnogomernyy statisticheskiy analiz, ekonometrika i modelirovaniye real'nykh protsessov: tezisy dokladov XI-y mezhdunarodnoy konferentsii [Multidimensional statistical analysis, econometrics and modeling of real processes: abstracts of the XI international conference] / Part 1: Plenary reports. Section 1. Multidimensional statistical analysis and econometrics / ed. V. L. Makarov.— Moscow: CEMI RAS, 2024.— pp. 91–93.— 143 p.— DOI: 10.33276/978–5–8211–0827–2.
 12. Mezhdunarodnyy kodeks ICC/ESOMAR po praktike provedeniya marketingovykh i sotsial'nykh issledovaniy, izucheniya obshchestvennogo mneniya i analiza dannykh [International ICC/ESOMAR Code on practice of marketing and social research, public opinion study and data analysis]. / European Society for Opinion and Marketing Research (ESOMAR). [Electronic resource].— 2023.— URL: <https://esomar.org/uploads/attachments/ckqtf5ux0119kjtrrv6ovzlx-iccesomar-code-russian.pdf> (accessed 25.02.2023)

Статья получена 01.04.2025 | статья опубликована 18.06.2025

Сведения об авторах	Information about the authors
<p>Лукина Анастасия Владимировна доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой маркетинга РУДН им. Патриса Лумумбы Адрес: ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6 ORCID: 0000-0003-2455-3622 E-mail: Lukina_anvl@pfur.ru</p>	<p>Lukina Anastasia Vladimirovna Doctor of Economic Sciences (D.Sc. in Economics), Associate Professor, Head of the Department of Marketing RUDN University; Address: «Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba», 117198, Moscow, Miklukho-Maklaya Street, 6 ORCID: 0000-00032455-3622 E-mail: Lukina_anvl@pfur.ru</p>
<p>Мхитарян Сергей Владимирович доктор экономических наук, профессор кафедры маркетинга РУДН им. Патриса Лумумбы, профессор кафедры маркетинга РЭУ им. Г. В. Плеханова Адрес: ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6 ORCID: 0000-0001-8471-2395 E-mail: mkhitaryan_sv@pfur.ru</p>	<p>Mkhitaryan Sergey Vladimirovich Doctor of Economic Sciences (D.Sc. in Economics), Professor of the Department of Marketing, RUDN University; Professor of the Department of Marketing, Plekhanov Russian University of Economics Address: «Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba», 117198, Moscow, Miklukho-Maklaya Street, 6 ORCID: 0000-0001-8471-2395 E-mail: mkhitaryan_sv@pfur.ru</p>
<p>Сидорчук Роман Роальдович доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры маркетинга РУДН им. Патриса Лумумбы, профессор кафедры маркетинга РЭУ им. Г. В. Плеханова Адрес: ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6 ORCID: 0000-0002-4033-2937 E-mail: sidorchuk_rr@pfur.ru</p>	<p>Sidorchuk Roman Roaldovich Doctor of Economic Sciences (D.Sc. in Economics), Associate Professor, Professor of the Department of Marketing, RUDN University; Professor of the Department of Marketing, Plekhanov Russian University of Economics Address: «Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba», 117198, Moscow, Miklukho-Maklaya Street, 6 ORCID: 0000-0002-4033-2937 E-mail: sidorchuk_rr@pfur.ru</p>

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КОММУНИКАЦИЙ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА МОСКВЫ И ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

С. В. Весманов

О. А. Аплевич

Московской городской педагогический университет (МГПУ)

Аннотация. Данное исследование анализирует структуру и содержание коммуникаций между транспортным комплексом Москвы и ее жителями с целью оценки уровня удовлетворенности пользователей. Коммуникации охватывают все аспекты взаимодействия пользователей с транспортной системой: планирование маршрутов, получение информации о расписаниях, оплата проезда, обратная связь, информирование об изменениях в работе транспорта, инцидентах и т. д. Объект исследования включает как цифровые каналы коммуникации (мобильные приложения, веб-сайты, социальные сети), так и традиционные (указатели, объявления, информационные стенды). Используя модель коммуникации Г. Лассуэлла и метод фокус-групп, были изучены особенности информационного взаимодействия между различными группами пользователей, дорожно-транспортными организациями и инфраструктурой. Результаты исследования выявили как сильные стороны существующей системы коммуникаций, так и зоны роста. Авторы дают рекомендации по оптимизации коммуникационных стратегий для повышения удовлетворенности граждан.

Ключевые слова: транспортный комплекс, Москва, структура и содержание коммуникации, удовлетворенность пользователей, фокус-группы, модель Лассуэлла, цифровые каналы, обратная связь.

STRUCTURE AND CONTENT OF COMMUNICATIONS BETWEEN MOSCOW'S TRANSPORT COMPLEX AND THE URBAN POPULATION

S. V. Vesmanov

O. A. Aplevich

Moscow City University (MCU)

Abstract. This research analyzes the structure and content of communications between Moscow's transport complex and its residents, with the aim of assessing user satisfaction levels. The communications encompass all aspects of user interaction with the transport system: route planning, obtaining schedule information, fare payment, feedback provision, notifications about transport service changes, incidents, and other related matters. The research object includes both digital communication channels (mobile applications, websites, social media platforms) and traditional channels (signage, announcements, information boards). Employing H. Lasswell's communication model and focus group methodology, the study examined the characteristics of information interaction among various user groups, transport organizations, and infrastructure elements. The research findings identified both strengths of the existing communication system and areas for improvement. The authors provide recommendations for optimizing communication strategies to enhance citizen satisfaction.

Keywords: transport complex, Moscow, communication structure and content, user satisfaction, focus groups, Lasswell model, digital channels, feedback.

Введение

Важнейшим фактором развития любого современного мегаполиса является уровень развития его транспортной инфраструктуры, и по этому показателю Москва в последние годы достигла значительных успехов на мировом уровне. Транспортный комплекс Москвы постоянно растет и усложняется, что, в свою очередь, приводит к изменению потребностей пользователей транспортной инфраструктуры. [5, 7, 8, 9].

По результатам многих российских и международных исследований система общественного транспорта и дорожно-транспортной инфраструктуры Москвы оценивается экспертами на высоком уровне. Тем не менее, степень удовлетворенности пользователей этой системы существенным образом зависит от того, как налажены информационные коммуникации между структурами управления транспортом и транспортными организациями, и жителями города, что обуславливает необходимость исследования структуры и содержания информации, полезной для москвичей в их транспортном поведении [4].

Понимание пользовательского поведения требует комплексного подхода, учитывающего не только

Метод

Применение коммуникационной модели Г. Лассуэлла в анализе структуры и содержания коммуникаций транспортного комплекса Москвы и городского населения, осуществляемом фокус-групп, позволяет структурировать информацию и выявить ключевые аспекты коммуникационного процесса. Модель Лассуэлла (кто? говорит что? по какому каналу? кому? с каким эффектом?) применяется к каждому из шести сценариев использования городского транспорта, разбитых на шесть групп респондентов: пассажиры городского транспорта, автомобилисты, пешеходы, велосипедисты, пользователи средств индивидуальной мобильности (СИМ), пассажиры такси [1].

Метод фокус-групп обладает рядом преимуществ, обеспечивающих в рамках исследования коммуникаций транспортного комплекса и населения города Москвы получение качественной информации от различных групп горожан (далее — респонденты). Во-первых, в процессе проведения фокус-групп обеспечивается взаимодействие респондентов, которое приводит к появлению новых идей, суждений. У респондентов появляется возможность обсудить свое мнение и суждения с собеседниками, в результате мнения точнее формулируются, аргументируются, иллюстрируются примерами из жизни респондентов. Во-вторых,

технические аспекты, но и социальные, психологические и коммуникационные факторы [14, 15, 16]. Именно здесь работы Г. Лассуэлла [2, 11] становятся особенно ценными для анализа коммуникационных сообщений, описания сценариев пользовательского поведения в транспорте и дорожно-транспортной инфраструктуре, а также каналов коммуникации, которые влияют на это поведение.

Анализ структуры и содержания этих коммуникаций является ключевым фактором для оптимизации транспортной инфраструктуры и повышения удовлетворенности граждан [12, 13].

В статье изложены результаты исследования структуры и содержания информации, используемой жителями Москвы в ситуациях их транспортного поведения, и уровня удовлетворенности этой информацией. Исследование проводилось методом фокус-групп, в которых обсуждались особенности коммуникационного взаимодействия между группами пользователей различных видов транспорта и транспортным комплексом Москвы. Результаты фокус-групп позволили выявить как позитивные аспекты коммуникации, так и проблемные зоны, требующие внимания городских властей.

собирается большой объем детализированных данных о причинах действий респондентов в тех или иных ситуациях, связанных с транспортом: возникают как схожие, консенсусные отношения к ситуациям и описания действий в них, так и диаметрально противоположные. В-третьих, при соблюдении правил ведения обсуждения упомянутый объем данных собирается быстрее в сравнении с другими методами, то есть значительно экономится время.

Для проведения фокус-групп необходимо было разработать содержание кейсов — таких ситуаций, обсуждение которых позволило бы респондентам обратиться к своему опыту использования дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы, коммуникаций с транспортными организациями, городскими властями. В основу структуры и содержания кейсов были положены типологические ситуации — сценарии использования и/или выбора городского транспорта и дорожно-транспортной инфраструктуры:

- 1) регулярный маршрут;
- 2) маршрут выходного дня;
- 3) непредвиденная ситуация;
- 4) новый маршрут;
- 5) стоимость поездки;
- 6) обратная связь.

При разработке кейсов авторы руководствовались следующими критериями:

- соответствие содержания кейсов содержанию опыта респондентов;
- типичность содержания ситуации, предлагаемой в кейсе, ее распространенность в практике;
- обращение только к личному опыту респондентов;
- участники кейсов — представители групп пользователей городского транспорта и дорожно-транспортной инфраструктуры Москвы.

Сформулированные критерии согласовываются и учитывают классические критерии эффективности фокусированного интервью, предложенные Р. Мертоном и др. [6]:

1. Полнота. Дает возможность респондентам наиболее полно освещать различные стороны стимульной ситуации и свои реакции на нее.
2. Специфичность. Обеспечивает точные сообщения об аспектах стимульной ситуации,

Результаты и обсуждение

Применение модели Г. Лассуэлла к результатам обсуждений в фокус-группах позволяет систематизировать данные и выявить сильные и слабые стороны коммуникационной стратегии транспортного комплекса Москвы. Для каждой группы респондентов и каждого сценария были проанализированы элементы модели на основании содержания ответов участников — пользователей городским транспортом и дорожно-транспортной инфраструктурой.

которые вызвали определенные реакции интервьюируемых.

3. Глубина. Помогает интервьюируемому описать эмоциональный, когнитивный и ценностный смысл ситуации и степень своей включенности в нее.
4. Личностный контекст. Выявляет характерные черты и предшествующий опыт интервьюируемых, которые наполняют ситуацию конкретным смыслом.

В результате применения шести сценариев, указанных выше, были разработаны шесть кейсов. Каждый кейс, формулировка транспортной ситуации, был по описанию адаптирован к одной из шести групп респондентов: пешеходы, автомобилисты, пассажиры общественного транспорта, пользователи СИМ, велосипедисты, пассажиры такси [3]. К каждому кейсу было подготовлено от трех до пяти вопросов, позволяющих модератору фокус-группы направлять дискуссию в группе в рамках интересующих исследователей направлений.

Группа пассажиров общественного транспорта является одной из самых многочисленных. Результаты, полученные в этой фокус-группе, показали, что транспортный комплекс успешно доносит информацию о расписании, маршрутах и способах оплаты через цифровые каналы (мобильные приложения, веб-сайты). Пассажиры активно используют эти каналы для планирования поездок и освоения новых транспортных возможностей (табл. 1).

Таблица 1

Применение модели Лассуэлла к группе пользователей «Общественный транспорт»

Элемент модели Лассуэлла	Описание	Анализ на основе данных фокус-группы
Кто? (Коммуникатор)	Источник информации	Транспортный комплекс Москвы: Мосгортранс, Московский метрополитен, ЦППК, операторы мобильных приложений («Яндекс.Транспорт» и др.), Департамент транспорта
Что? (Сообщение)	Содержание информации	Расписание движения, маршруты, способы оплаты, тарифы, изменения в работе транспорта, информация о новых маршрутах, предупреждения. Также, потенциально, информация об участии в опросах, о каналах обратной связи
По какому каналу? (Канал)	Способ передачи информации	Мобильные приложения, веб-сайты транспортных операторов, электронные табло на остановках, объявления в транспорте, социальные сети, новостные сайты
Кому? (Аудитория)	Получатель информации	Пользователи общественного транспорта Москвы

Элемент модели Лассуэлла	Описание	Анализ на основе данных фокус-группы
С каким эффектом? (Эффект)	Результат коммуникации, достижение цели коммуникатором, восприятие аудиторией, удовлетворенность или неудовлетворенность аудитории	Позитивный эффект: удобство планирования маршрута, использование новых видов транспорта, эффективное использование способов оплаты. Негативный эффект: неудовлетворенность навигацией, сложностью планирования маршрута, ощущение недостатка или избыточности информации о маршруте, конструктивной обратной связи

Результаты фокус-группы, где были представлены пешеходы, позволили сделать вывод о том, что коммуникация с пешеходами в Москве имеет как сильные, так и слабые стороны. С одной стороны, городские власти предоставляют пешеходам различные каналы для обратной связи, такие как сайты «Мой город», «Активный гражданин»

и Mos.ru, что демонстрирует стремление к вовлечению граждан в процесс улучшения городской среды. С другой стороны, пешеходы активно используют навигационные приложения и планируют свои маршруты, что указывает на растущую потребность в актуальной и точной информации о пешеходной инфраструктуре (табл. 2).

Таблица 2

Применение модели Лассуэлла к группе пользователей «Пешеходы»

Элемент модели Лассуэлла	Описание	Анализ на основе данных фокус-группы
Кто? (Коммуникатор)	Источник информации	Городские власти (префектуры, муниципалитеты), МЧС, разработчики навигационных приложений (Яндекс, Google), организации, проводящие пешеходные экскурсии, организации, предоставляющие информацию о точках питания
Что? (Сообщение)	Содержание информации	Маршруты для пешеходов, информация о достопримечательностях, информация о тротуарах, информация о точках питания, предупреждения об опасности (МЧС), информация о работе общественного транспорта, информация о городской инфраструктуре
По какому каналу? (Канал)	Способ передачи информации	Навигационные приложения, веб-сайты («Мой город», «Активный гражданин» и пр.), электронные доски, короткие сообщения МЧС (SMS, push-уведомления), пешеходные экскурсии, отзывы в интернете
Кому? (Аудитория)	Получатель информации	Пешеходы Москвы
С каким эффектом? (Эффект)	Результат коммуникации, достижение цели коммуникатором, восприятие аудиторией, удовлетворенность или неудовлетворенность аудитории	Позитивный эффект: планирование пешеходных маршрутов, участие в пешеходных экскурсиях, выбор маршрутов с учетом точек питания, предоставление обратной связи городским властям Негативный эффект: неточности в расчете времени в пути, отсутствие информации о реконструированных площадках для пешеходов, недостаточная детализация информации, отмена маршрутов из-за предупреждений МЧС

Анализ фокус-групп с автомобилистами в Москве выявил четкую тенденцию: водители активно используют цифровые каналы для получения актуальной информации о дорожной обстановке и для планирования оптимальных маршрутов передвижения. Особой популярностью пользуются

навигационные приложения, ставшие незаменимым инструментом для многих автомобилистов в условиях интенсивного городского трафика. Эти наблюдения свидетельствуют о том, что в целом коммуникация с автомобилистами через цифровые каналы налажена (табл. 3).

Таблица 3

Применение модели Лассуэлла к группе пользователей «Автомобилисты»

Элемент модели Лассуэлла	Описание	Анализ на основе данных фокус-группы
Кто? (Коммуникатор)	Источник информации	Городские власти (Департамент транспорта, ГИБДД), разработчики навигационных приложений (Яндекс, Google), СМИ (новостные сайты, телеканалы), операторы каршеринга, операторы парковок
Что? (Сообщение)	Содержание информации	Информация о дорожной обстановке (пробки, ДТП, перекрытия), информация о парковках (наличие мест, стоимость), информация о новых дорогах, информация о правилах дорожного движения, информация о штрафах, информация об услугах каршеринга
По какому каналу? (Канал)	Способ передачи информации	Навигационные приложения («Яндекс.Навигатор», Google Maps), веб-сайты («Московский паркинг», Mos.ru), новостные сайты, приложения операторов каршеринга, отзывы в интернете, платежные сервисы
Кому? (Аудитория)	Получатель информации	Автомобилисты Москвы.
С каким эффектом? (Эффект)	Результат коммуникации, достижение цели коммуникатором, восприятие аудиторией, удовлетворенность или неудовлетворенность аудитории	Позитивный эффект: планирование маршрутов с учетом дорожной обстановки, поиск парковочных мест, использование каршеринга при необходимости, получение актуальной информации о штрафах и дорогах. Негативный эффект: неудобство использования навигационных сервисов, сложность оплаты штрафов, неточность информации о каршеринге и парковках, неточность информации о правилах для автомобилей каршеринга, отсутствие обратной связи в приложениях

В фокус-группе пользователей средств индивидуальной мобильности выявлено, что они в Москве активно адаптируются к городскому пространству, опираясь на цифровые инструменты для удобства и безопасности. Эта группа активно использует навигационные приложения не только для прокладки маршрутов, но и для

получения важной информации о правилах, ограничениях и доступных зонах для передвижения на СИМ. Кроме того, пользователи СИМ заинтересованы в различных стимулирующих акциях, направленных на сбор обратной связи в обмен бонусы (табл. 4).

Таблица 4

Применение модели Лассуэлла к группе пользователей «Пользователи СИМ»

Элемент модели Лассуэлла	Описание	Анализ на основе данных фокус-группы
Кто? (Коммуникатор)	Источник информации	Городские власти (Департамент транспорта, ГИБДД), разработчики навигационных приложений, операторы проката СИМ, страховые компании, СМИ (новостные сайты, телеканалы)
Что? (Сообщение)	Содержание информации	Правила дорожного движения для СИМ, информация о зонах использования СИМ, информация о парковках, информация о велодорожках, информация о погоде и состоянии дорог, информация о стоимости аренды СИМ, информация о страховании СИМ, информация о перевозке СИМ в общественном транспорте

Элемент модели Лассуэлла	Описание	Анализ на основе данных фокус-группы
По какому каналу? (Канал)	Способ передачи информации	Навигационные приложения, веб-сайты городских властей, мобильные приложения операторов проката СИМ, социальные сети, новостные сайты, страховые компании, правила проката СИМ
Кому? (Аудитория)	Получатель информации	Пользователи СИМ (самокатов, электросамокатов, моноколес и т. п.) в Москве
С каким эффектом? (Эффект)	Результат коммуникации, достижение цели коммуникатором, восприятие аудиторией, удовлетворенность или неудовлетворенность аудитории	<p>Позитивный эффект: планирование маршрутов, получение информации о правилах и ограничениях, выбор безопасных маршрутов, использование СИМ для перемещений по городу, получение информации о страховании, обратная связь в приложениях.</p> <p>Негативный эффект: отсутствие информации об ограничениях, ДТП при пользовании СИМ и неработающих зонах, отсутствие информации о страховке СИМ и маршрутах, задержки с ответами на запросы обратной связи от городских властей</p>

Результаты обсуждений в фокус-группе пользователей «велосипедисты» показали, что это активная и информированная группа пользователей, которая особо ценит возможность перемещения на велосипедах и формирование удобной инфраструктуры для этого, а также выражает готовность платить за новые и удобные сервисы. Велоси-

педисты являются активными пользователями онлайн-карт, навигационных приложений с целью планирования маршрутов и поиска велодорожек с местами отдыха и удобных парковок. Также данная группа формирует сообщества для обмена опытом и общения (табл. 5).

Таблица 5

Применение модели Лассуэлла к группе пользователей «Велосипедисты»

Элемент модели Лассуэлла	Описание	Анализ на основе данных фокус-группы
Кто? (Коммуникатор)	Источник информации	Городские власти (Департамент транспорта, Департамент здравоохранения), разработчики навигационных приложений, велообщества, СМИ (новостные сайты, телеканалы), сервисы проката велосипедов («Вело-Город»)
Что? (Сообщение)	Содержание информации	Информация о веломаршрутах, велодорожках, местах стоянки и отдыха, правилах дорожного движения для велосипедистов, информация о погодных условиях, информация о работе общественного транспорта (возможность перевозки велосипедов), информация о первой помощи, информация об акциях и мероприятиях для велосипедистов
По какому каналу? (Канал)	Способ передачи информации	Навигационные приложения, веб-сайты городских властей, социальные сети, веб-сайты и приложения вело-сообществ, новостные сайты, мобильные приложения сервисов проката велосипедов, веломероприятия
Кому? (Аудитория)	Получатель информации	Велосипедисты Москвы

Элемент модели Лассуэлла	Описание	Анализ на основе данных фокус-группы
С каким эффектом? (Эффект)	Результат коммуникации, достижение цели коммуникатором, восприятие аудиторией, удовлетворенность или неудовлетворенность аудитории	<p>Позитивный эффект: планирование маршрутов, получение информации для построения маршрутов, использование велосипеда для передвижения по городу. Самостоятельное оказание первой помощи. Активное общение в велообществах. Готовность платить за пользование велопрокатом.</p> <p>Негативный эффект: невозможность пересечь крупные магистрали, отсутствие пунктов скорой помощи, недостаток информации о состоянии на дорогах, ограничение на провоз велосипедов в общественном транспорте для велосипедов (в МЦД), отсутствие стимулов предоставления обратной связи</p>

Анализ информации, полученной в ходе фокус-групп, показал, что как пассажиры такси, так и операторы этого вида транспортных услуг в Москве практически полностью перешли на использование мобильных приложений при планировании поездки, передачи и сбора обратной связи. Эти приложения предоставляют удобный интерфейс для заказа такси, получения информации о ценах, времени подачи автомобиля и рейтинге водителя (табл. 6).

Таблица 6

Применение модели Лассуэлла к группе пользователей «Пассажиры такси»

Элемент модели Лассуэлла	Описание	Анализ на основе данных фокус-группы
Кто? (Коммуникатор)	Источник информации	Операторы такси («Яндекс.Такси», «Ситимобил» и др.), агрегаторы такси, водители такси, рекламные сети, органы-регуляторы (Департамент транспорта), другие пассажиры (через отзывы и рейтинги)
Что? (Сообщение)	Содержание информации	Информация о стоимости поездки, времени подачи автомобиля, рейтинге водителя, маршруте следования, акциях и скидках, правилах пользования сервисом, информации о безопасности, рекламные сообщения
По какому каналу? (Канал)	Способ передачи информации	Мобильные приложения такси, веб-сайты операторов такси, социальные сети, рекламные баннеры и объявления, отзывы и рейтинги в интернете, прямая коммуникация с водителем (во время поездки)
Кому? (Аудитория)	Получатель информации	Пассажиры такси в Москве
С каким эффектом? (Эффект)	Результат коммуникации, достижение цели коммуникатором, восприятие аудиторией, удовлетворенность или неудовлетворенность аудитории	<p>Позитивный эффект: удобство планирования поездки, прозрачность цен, возможность выбора водителя, информированность о времени ожидания и оценке поездки, информированность о скидках и акциях.</p> <p>Негативный эффект: ограниченное общение с водителем и агрегатором, незнание о других операторах рынка, отсутствие полной информации о механизмах регулирования рынка такси, навязчивая реклама</p>

Таким образом, анализ полученных результатов фокус-групп с использованием коммуникационной модели Лассуэлла, охвативших все группы пользователей городского транспорта и дорожно-транспортной инфраструктуры в Москве, позволил выявить следующие тенденции

в коммуникационных предпочтениях жителей города и сформулировать направления для развития коммуникаций:

1. *Принятие новых транспортных решений.* Все группы респондентов демонстрируют высокую степень удовлетворенности появлением новых

маршрутов и видов транспорта (МЦК, МЦД, БКЛ, D-2), что свидетельствует об успешной реализации проектов по развитию транспортной инфраструктуры и эффективном информировании населения об этих изменениях.

2. *Активное использование цифровых каналов.* Все участники фокус-групп активно используют мобильные приложения для планирования маршрутов, навигации, отслеживания движения транспорта и получения информации о дорожной обстановке. Это указывает на высокую степень цифровой грамотности населения и необходимость дальнейшего развития и оптимизации цифровых сервисов.

3. *Гибкость в выборе способов оплаты.* Участники фокус-групп активно комбинируют различные способы оплаты проезда, выбирая наиболее выгодные в каждой конкретной ситуации. Это говорит о необходимости обеспечения удобства и разнообразия способов оплаты и информирования о доступных вариантах.

4. *Стремление к обратной связи.* Несмотря на наличие проблем с эффективностью обратной связи, все участники фокус-групп выражают готовность оставлять отзывы и обращения, участвовать в обсуждении транспортных проблем и вносить предложения по улучшению. Это свидетельствует о заинтересованности жителей в развитии транспортной системы и необходимости создания удобных и эффективных каналов для обратной связи.

При анализе информационных потоков, выявленных в ходе фокус-групп по различным сценариям использования городского транспорта, были сделаны общие выводы о ключевых информационных каналах, их эффективности и возможных направлениях развития:

1. *Доминирование цифровых каналов.* Мобильные приложения (навигационные, транспортные, такси), веб-сайты и онлайн-карты являются основными источниками информации для жителей Москвы во всех рассматриваемых сценариях. Это подчеркивает необходимость развития и оптимизации цифровой инфраструктуры города и обеспечения удобного доступа к информации через эти каналы.

2. *Важность навигационных сервисов.* Навигационные приложения «Яндекс.Карты», Google Maps играют центральную роль в планировании маршрутов, получении информации о дорожной обстановке и стоимости проезда. Эти сервисы используются как автомобилистами, так и пользователями общественного транспорта и СИМ, что подчеркивает их универсальность и важность для городской мобильности.

3. *Необходимость интеграции данных.* Данные из различных источников о дорожной обстановке, расписании транспорта, парковках, велодорожках часто разрознены и не интегрированы в единую систему. Это создает неудобства для пользователей и затрудняет принятие оптимальных решений. Необходимо стремиться к созданию единой информационной платформы, объединяющей все необходимые данные.

4. *Роль социальных сетей и мессенджеров.* Социальные сети и мессенджеры, особенно Telegram, являются важными каналами для получения оперативной информации о перекрытиях дорог, изменениях в работе транспорта, а также для обмена мнениями и получения советов от других пользователей. Этот канал следует максимально использовать для распространения официальной информации и взаимодействия с населением.

5. *Сохраняющаяся значимость традиционных каналов.* Несмотря на доминирование цифровых каналов, традиционные средства информации (указатели на дорогах, информационные стенды на остановках, объявления в транспорте) остаются важными для многих пользователей, особенно для тех, кто не имеет доступа к цифровым технологиям или находится в ситуации, когда их использование затруднено, например во время движения.

6. *Важность сарафанного радио.* Личные контакты, телефонные разговоры и общение в мессенджерах остаются значимым каналом распространения информации, особенно в ситуациях, требующих личного опыта и советов, например при выборе маршрута выходного дня, оценке стоимости поездки. Необходимо учитывать этот фактор и поощрять обмен информацией между пользователями, организуя для этого как онлайн-, так и офлайн-площадки.

7. *Расширение обратной связи.* Каналы для обратной связи существуют (сайты «Мой город», «Активный гражданин», приложения такси), но их эффективность может быть повышена. Многие пользователи отмечают невысокую степень доверия каналам или не видят, что их отзывы учитываются. Необходимо совершенствовать систему обработки обратной связи и обеспечить прозрачность учета мнений пользователей в процессе принятия решений.

8. *Необходимость таргетированной информации.* Разные группы пользователей (автомобилисты, велосипедисты, пешеходы) нуждаются в разной информации. Необходимо учитывать эти особенности и предоставлять таргетированную информацию через наиболее подходящие каналы.

Заключение

В целом можно заключить, что структура коммуникаций транспортного комплекса Москвы с населением является сложной и многоканальной.

Для повышения эффективности коммуникаций целесообразно: оптимизировать цифровые сервисы и обеспечить их интеграцию с различными источниками данных, развивать каналы обратной связи и повышать доверие пользова-

телей к этим каналам, учитывать особенности разных групп пользователей и предоставлять таргетированную информацию, сочетать цифровые и традиционные каналы коммуникации.

Комплексный подход, учитывающий как развитие цифровых сервисов, так и вовлечение жителей в процесс принятия решений, позволит сделать транспортную систему в Москве более комфортной и безопасной.

Список литературы

1. Аргун Л. Л. Пропаганда как инструмент влияния на политическое поведение в теории Г. Д. Лассуэлла / Л. Л. Аргун // Социально-гуманитарные знания. — 2021. — № 2. — С. 333–338. — DOI 10.34823/SGZ.2021.2.51583. — EDN TZBYIG.
2. Воронцов С. Г. Модель коммуникации Г. Д. Лассуэлла как элемент методологии цивилистических исследований Методологические проблемы цивилистических исследований, 2019.
3. Весманов С. В. Структура и специфика ключевых направлений коммуникаций транспортного комплекса и населения Москвы / С. В. Весманов, Д. С. Весманов, С. В. Деревянко // Вестник МГПУ. Серия: Экономика. — 2024. — № 4(42). — С. 110–124. — DOI 10.24412/2312–6647–2024–442–110–124. — EDN OPDOTM.
4. Источников В. В., Аплевич О. А. Исследование и классификация каналов коммуникаций Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы и населения // ЦИТИСЭ. — 2025. — № 1. — С. 16–24.
5. Макаров Д. В. Коммуникации в государственном управлении Российской Федерации. // Коммунология. — 2020, — № 8(2). — С. 135–144. <https://doi.org/10.21453/2311–3065–2020–8–2–135–144>.
6. Матанцева О. Ю. Особенности организации оценки удовлетворенности качеством транспортного обслуживания / О. Ю. Матанцева, А. Е. Титов, И. В. Щеголева // Научный вестник автомобильного транспорта. — 2023. — № 3. — С. 21–28. — EDN UTNGQD.
7. Мертон Р., Фиске М., Кендалл П. Фокусированное интервью / пер. с англ. к. э. н. Т. Н. Федоровской, под ред. к. э. н. С. А. Белановского. — М.: Институт молодежи, 1991. — С. 106.
8. Сагинова О. В., Спирин И. В., Завьялова Н. Б., Сидорчук Р. Р. Методологические аспекты управления качеством транспортного обслуживания. Мир (Модернизация. Инновации. Развитие). 2016; 7(2(26)):28–37.
9. Темникова Ю. Ю. Анализ зарубежного опыта коммуникации органов власти и насе-
10. Темникова Ю. Ю. Развитие городского транспорта / Ю. Ю. Темникова // Вестник МГПУ. Серия: Экономика. — 2023. — № 4(38). — С. 103–119. — DOI 10.25688/2312–6647.2023.38.4.09. — EDN AULXDR.
11. Тихомирова Е. И. Теория коммуникации и новые медиа // Знак: проблемное поле медиаобразования. — 2017. — № 3 (25).
12. Chen Shen, Yang Wang, Yan Xu, Xiangyu Li, Unveiling citizen-government interactions in urban renewal in China: Spontaneous online opinions, regional characteristics, and government responsiveness, Cities, Volume 148, 2024, 104857, ISSN0264–2751, <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.104857>.
13. Hussain A., Ullah K., Senapati T., Esztergár-Kiss D., Moslem S., A multi-attribute group decision-making method for optimal selection of digital voting tools to ameliorate public participation in urban transport, Results in Engineering, Volume 25, 2025, 103867, ISSN2590–1230, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103867>.
14. Jiménez-Caldera J., Durango-Severiche G. Y., Pérez-Arévalo R., Serrano-Montes J. L., Rodrigo-Comino J., Caballero-Calvo A., Methodological proposal for the inclusion of citizen participation in the management and planning of urban public spaces, Cities, Volume 150, 2024, 105008, ISSN0264–2751, <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105008>.
15. Lasswell, Harold D. The Structure and Function of Communication in Society. New York: Harper & Bros, 1948.
16. Metwally E., Samir E., Assessing citizen satisfaction indicators for urban public services to enhance quality of life in Sharm el-Sheikh, Ain Shams Engineering Journal, Volume 15, Issue 8, 2024, 102841, ISSN2090–4479, <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102841>.
17. Nakamura F., Role of public transport in supporting the urban cultural and creative functions, IATSS Research, Volume 48, Issue 3, 2024, Pages 342–346, ISSN0386–1112, <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2024.06.002>.

References

1. Argun L. L. Propaganda kak instrument vliyaniya na politicheskoye povedeniye v teorii G. D. Lassuella [Propaganda as a tool for influencing political behavior in G. D. Lasswell's theory]. *Sotsial'no-gumanitarnyye znaniya* [Social and Humanitarian Knowledge]. — 2021. — № 2. — pp. 333–338. DOI 10.34823/SGZ.2021.2.51583. — EDN TZBYIG.
2. Vorontsov S. G. Model' kommunikatsii G. D. Lassuella kak element metodologii tsivilisticheskikh issledovaniy [Lasswell's communication model as an element of civil research methodology]. *Metodologicheskiye problemy tsivilisticheskikh issledovaniy* [Methodological Problems of Civil Research]. 2019.
3. Vesmanov S. V., Vesmanov D. S., Derevyanko S. V. Struktura i spetsifika klyuchevykh napravleniy kommunikatsiy transportnogo kompleksa i naseleniya Moskvy [Structure and specifics of key communication directions between the transport complex and the population of Moscow]. *Vestnik MGPU. Seriya: Ekonomika* [MSPU Bulletin. Series: Economics]. — 2024. — № 4 (42). — pp. 110–124. DOI 10.24412/2312–6647–2024–442–110–124. — EDN OPDOTM.
4. Istochnikov V. V., Aplevich O. A. Issledovaniye i klassifikatsiya kanalov kommunikatsiy Departamenta transporta i razvitiya dorozhno-transportnoy infrastruktury goroda Moskvy i naseleniya [Research and classification of communication channels between the Department of Transport and Development of Road Transport Infrastructure of Moscow and the population]. *TSITISE*. — 2025. № 1. — pp. 16–24.
5. Makarov D. V. Kommunikatsii v gosudarstvennom upravlenii Rossiyskoy Federatsii [Communications in public administration of the Russian Federation]. *Kommunologiya* [Communology]. — 2020. — № 8 (2). — pp. 135–144. <https://doi.org/10.21453/2311–3065–2020–8–2–135–144>
6. Matantseva O. Yu., Titov A. E., Shchegoleva I. V. Osobennosti organizatsii otsenki udovletvorennosti kachestvom transportnogo obsluzhivaniya [Features of organizing the assessment of satisfaction with the quality of transport services]. *Nauchnyy vestnik avtomobil'nogo transporta* [Scientific Bulletin of Automobile Transport]. — 2023. — № 3. — pp. 21–28. — EDN UTNGQD.
7. Merton R., Fiske M., Kendall P. Fokusirovannoye interv'yuy [The Focused Interview]. Translated from English by T. N. Fedorovskaya, edited by S. A. Belanovsky. Moscow: Institut molodezhi [Youth Institute], 1991. — p. 106.
8. Saginova O. V., Spirin I. V., Zav'yalova N. B., Sidorchuk R. R. Metodologicheskiye aspekty upravleniya kachestvom transportnogo obsluzhivaniya [Methodological aspects of transport service quality management]. *Mir (Modernizatsiya. Innovatsii. Razvitiye)* [World (Modernization. Innovation. Development)]. — 2016;7(2(26)):28–37.
9. Temnikova Yu. Yu. Analiz zarubezhnogo opyta kommunikatsii organov vlasti i naseleniya v sfere razvitiya gorodskogo transporta [Analysis of foreign experience in communication between authorities and the population in the field of urban transport development]. *Vestnik MGPU. Seriya: Ekonomika* [MSPU Bulletin. Series: Economics]. — 2023. — № 4 (38). — pp. 103–119. DOI 10.25688/2312–6647.2023.38.4.09. — EDN AULXDR.
10. Tikhomirova E. I. Teoriya kommunikatsii i novyye media [Communication theory and new media]. *Znak: problemnoye pole media obrazovaniya* [Sign: the problematic field of media education]. — 2017. — № 3 (25).
11. Chen Shen, Yang Wang, Yan Xu, Xiangyu Li, Unveiling citizen-government interactions in urban renewal in China: Spontaneous online opinions, regional characteristics, and government responsiveness, *Cities*, Volume 148, 2024, 104857, ISSN0264–2751, <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.104857>.
12. Hussain A., Ullah K., Senapati T., Esztergár-Kiss D., Moslem S., A multi-attribute group decision-making method for optimal selection of digital voting tools to ameliorate public participation in urban transport, *Results in Engineering*, Volume 25, 2025, 103867, ISSN2590–1230, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103867>.
13. Jiménez-Caldera J., Durango-Severiche G. Y., Pérez-Arévalo R., Serrano-Montes J. L., Rodrigo-Comino J., Caballero-Calvo A., Methodological proposal for the inclusion of citizen participation in the management and planning of urban public spaces, *Cities*, Volume 150, 2024, 105008, ISSN0264–2751, <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105008>.
14. Lasswell, Harold D. *The Structure and Function of Communication in Society*. New York: Harper & Bros, 1948.
15. Metwally E., Samir E., Assessing citizen satisfaction indicators for urban public services

to enhance quality of life in Sharm el-Sheikh, Ain Shams Engineering Journal, Volume 15, Issue 8, 2024, 102841, ISSN2090–4479, <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102841>.

16. Nakamura F., Role of public transport in supporting the urban cultural and creative functions, IATSS Research, Volume 48, Issue 3, 2024. — pp. 342–346, ISSN0386–1112, <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2024.06.002>.

Статья получена 14.05.2025 | статья опубликована 18.06.2025

Сведения об авторах	Information about the authors
<p>Весманов Сергей Викторович кандидат экономических наук, доцент, заведующий лабораторией управления проектами ГАОУ ВО МГПУ Адрес: ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет», 115191, г. Москва, 2-й Тульский переулок, д. 4 ORCID: 0000-0003-0345-4254 E-mail: VesmanovSV@mgpu.ru</p>	<p>Vesmanov Sergey Viktorovich Candidate of Economic Sciences (Ph.D. in Economics), Associate Professor, Head of the Project Management Laboratory, Moscow City University Address: State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Moscow City University», 115191, Moscow, 2nd Tulsy Lane, 4 E-mail: VesmanovSV@mgpu.ru</p>
<p>Аплевич Олеся Андреевна старший преподаватель школы проектирования и образовательного предпринимательства института права и управления ГАОУ ВО МГПУ Адрес: ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет», 115191, г. Москва, 2-й Тульский переулок, д. 4 ORCID: 0009-0000-9146-5097 E-mail: LvovaOA@mgpu.ru</p>	<p>Aplevich Olesya Andreevna Senior Lecturer of the School of Design and Educational Entrepreneurship, Institute of Law and Management, Moscow City University Address: State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Moscow City University», 115191, Moscow, 2nd Tulsy Lane, 4 E-mail: LvovaOA@mgpu.ru</p>

