

ИННОВАЦИОННЫЙ ТРАНСПОРТ

I N N O T R A N S

№ 1 (51)

март 2024

**Струнный транспорт Юницкого:
подвесное автоматическое транспортное средство
uST юнибус U4-220-T2 для перевозки пассажиров**

С. 3



**Сухой порт Екатеринбург —
основа транспортно-
логистической архитектуры РФ**

**Иновационные решения
в области цифровой
железной дороги**

**Беспилотные
мобильные средства:
инновации и угрозы**



ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА

ДАТА ОСНОВАНИЯ — 1991 год

ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ — объединение ученых, специалистов и руководителей

ПРИОРИТЕТНАЯ ЗАДАЧА — проведение исследовательских и научно-технических работ

БОЛЕЕ **660** УЧЕНЫХ

540 ДОКТОРОВ НАУК

БОЛЕЕ **120** КАНДИДАТОВ НАУК

400 ПОЧЕТНЫХ ЧЛЕНОВ

- **НАУЧНОЕ И ЭКСПЕРТНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ**
- **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ**
- **РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ АКТОВ**

НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ:

- > Разработка и внедрение инновационных технологий в сфере транспорта
- > Разработка научно-технических обоснований и специальных технических условий
- > Научное сопровождение транспортной стратегии РФ
- > Взаимодействие транспорта регионов страны
- > Взаимодействие с бизнес-сообществом
- > Экспертиза взаимодействия видов транспорта

КТО МОЖЕТ СТАТЬ ЧЛЕНОМ АКАДЕМИИ?

РОССИЙСКИЙ или **ИНОСТРАННЫЙ** гражданин, имеющий ученую степень:

- доктора транспорта
- кандидата наук
- доктора наук



2 ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
ОТДЕЛЕНИЯ

47 РЕГИОНАЛЬНЫХ
ОТДЕЛЕНИЙ

Аппарат Российской академии транспорта:
107078, г. Москва, ул. Маши Порываевой, д. 34, 11 этаж
+7 (495) 970-74-09
info@rosacademtrans.ru
www.rosacademtrans.ru

Уральское межрегиональное отделение:
620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, д. 66, УрГУПС
+7 (922) 205-95-92, факс: (343) 221-24-67
anna-volinskaya@mail.ru
www.uralakademia.ru

Инновационный транспорт (Иннотранс)

Научно-публицистическое издание

№ 1 (51), 2024 г.

Издается с ноября 2011 г.

Учредители: Российская академия транспорта (РАТ),
Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС)

Главный редактор Александр Геннадьевич Галкин, д-р техн. наук,
профессор, ректор УрГУПС, председатель Уральского отделения РАТ

Научный редактор Дмитрий Германович Неволин, д-р техн. наук,
профессор, действительный член РАТ

Редактирование и корректура — Елена Владимировна Чагина

Верстка и дизайн — Андрей Викторович Трубин

Адрес редакции и издателя: 620034, г. Екатеринбург,
ул. Колмогорова, 66. Тел. (343) 221-24-42, 221-24-90.
Веб-сайт: www.usurt.ru, e-mail: innotrans@mail.ru

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
Роскомнадзора ПИ № ФС 77-46984 от 14 октября 2011 г.

Свидетельство на товарный знак (знак обслуживания) № 586908.
Зарегистрировано в Государственном реестре товарных знаков
и знаков обслуживания РФ 14.09.2016 г.

Изготовлено в ИБК УрГУПС,
620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, д. 66.

Подписной индекс издания в общероссийском каталоге
«Пресса России» — 85022. Цена 685,64 руб.

DOI: 10.20291/2311-164X

Подписано в печать 29.03.2024. Дата выхода в свет 23.04.2024

Печать офсетная. Тираж 250 экз. (1-й з-д 1–70). Заказ № 21

Фото на обложке: www.ust.inc

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет
путей сообщения», 2024

© Общероссийская общественная организация
«Российская академия транспорта», 2024

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Александр Геннадьевич Галкин, доктор технических наук, профессор, главный редактор журнала «Инновационный транспорт», действительный член РАТ, ректор Уральского государственного университета путей сообщения, Екатеринбург (Россия).

Рольф Эпштайн, доктор технических наук, Siemens (Германия).

Денис Викторович Ломотько, доктор технических наук, академик Транспортной академии Украины, профессор Украинского государственного университета железнодорожного транспорта, Харьков (Украина).

Маргарита Булатовна Имандосова, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе Каспийского государственного университета технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, Актау (Казахстан).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Дмитрий Германович Неволин, доктор технических наук, профессор, научный редактор журнала «Инновационный транспорт», действительный член РАТ, заведующий кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения, Екатеринбург (Россия).

Петр Алексеевич Козлов, доктор технических наук, профессор, действительный член РАТ, директор научно-производственного холдинга «Стратег», Москва (Россия).

Михаил Ростиславович Якимов, доктор технических наук, действительный член РАТ, директор Института транспортного планирования Российской академии транспорта, Москва (Россия).

Валерий Михайлович Самуилов, доктор технических наук, действительный член РАТ, профессор кафедры «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения, Екатеринбург (Россия).

Игорь Александрович Тараторкин, доктор технических наук, действительный член РАТ, профессор кафедры «Гусеничные машины» Курганского государственного университета, заведующий Курганским отделом механики транспортных машин Института машиноведения УрО РАН, Курган (Россия).

Елена Николаевна Тимухина, доктор технических наук, профессор, действительный член РАТ, заведующая кафедрой «Управление эксплуатационной работой» Уральского государственного университета путей сообщения, Екатеринбург (Россия).

Innotrans

Scientific-and-nonfiction edition

№ 1 (51), 2024

Published since November 2011

Founders: Russian Academy of transport (RAT),
Ural state University of railway transport (USURT)

Editor-in-chief Alexander G. Galkin, DSc in Engineering, Professor,
Rector of USURT, Chairman of RAT Ural Department

Scientific editor Dmitry G. Nevolin, DSc in Engineering, Professor,
full member of RAT

Editing and proofreading — Elena V. Chagina

Layout and design — Andrey V. Trubin

Address of the editorial office:

66 Kolmogorova Str., Ekaterinburg, 620034.

Telephone: (343) 221-24-42, 221-24-90.

Web-site: www.usurt.ru. E-mail: innotrans@mail.ru

Mass media registration certificate of Roskomnadzor PI No. FS 77-46984
dated October 14, 2011

Subscription reference number of the issue in the All Russia Catalogue
“Russian Press” — 85022.

Released for printing on 29.03.2024. Date of issue 23.04.2024

Offset printing. Circulation 250 copies

© FGBOU VO Ural State University of Railway Transport, 2024

© All-Russian Public Organisation “Russian Academy of Transport”, 2024

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Alexander G. Galkin, DSc in Engineering, Professor, Editor-in-Chief of Innotrans magazine, full member of RAT, Rector of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg (Russia).

Rolf Epstein, DSc in Engineering, Siemens (Germany).

Denis V. Lomoto, DSc in Engineering, Academician of the Transport Academy of Ukraine, professor of the Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkov (Ukraine)

Margarita B. Imandosova, DSc in Engineering, Professor, vice-rector for academic affairs of the Caspian State University of Technologies and Engineering named after S. Yesenov, Aktau (Kazakhstan)

EDITORIAL BOARD

Dmitry G. Nevolin, DSc in Engineering, Professor, full member of RAT, Scientific Editor of Innotrans journal, Head of Car Design and Operation Chair, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg (Russia).

Pyotr A. Kozlov, DSc in Engineering, Professor, full member of RAT, Director of Scientific Production Holding Strateg, Moscow (Russia).

Mikhail Rostislavovich Yakimov, DSc in Engineering, full member of RAT, Director of the Institute of Transport Planning of the Russian Academy of Transport, Moscow (Russia).

Valery M. Samuilov, DSc in Engineering, full member of RAT, Professor, Logistics and World Economy Chair, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg, (Russia).

Igor A. Taratorkin, DSc in Engineering, Professor of “Track Machines” Department at Kurgan State University, member of the Russian Academy of Transport, Institute of Mechanical Engineering Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Head of the Mechanics of transport vehicles office, Kurgan (Russia).

Elena N. Timukhina, DSc in Engineering, Professor, member of Russian Academy of Transport, Head of “Field operation management” department of the Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, (Russia).

СОДЕРЖАНИЕ

Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте

Юницкий А. Э., Цырлин М. И., Вихренко Д. В.

Подвесное автоматическое транспортное средство uST юнибус U4-220-T2 для перевозки пассажиров: конструктивные особенности, эксплуатационные характеристики 3

Неволин Д. Г., Цариков А. А., Бондаренко В. Г.,

Сорогин И. Г. Методы организации трамвайного движения в условиях плотной застройки современных городов 12

Журавская М. А., Чагин В. М.

Сухой порт Екатеринбург — основа новой транспортно-логистической архитектуры Российской Федерации 19

Калашников А. Е., Паракхненко И. Л. Инновационные решения в области цифровой железной дороги 26

Самуйлов В. М., Гашкова Л. В., Серeda М. А., Смердова А. А. Международный транспортный коридор «Север — Юг» — ключевое звено в мировой экономике и логистике. 31

Костюченко К. Л., Фараносов Д. А. Беспилотные мобильные средства: инновации и угрозы 36

Штин М. А., Пивоваров Е. Л. Проблемы организации транспортного обслуживания металлургических предприятий с непрерывным циклом производства. 42

Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

Антропова Т. А. Классификация средств измерений и испытательного оборудования на железнодорожном транспорте (на примере диагностических устройств для испытания и опробования тормозов). 48

Бушуев С. В., Голочалов Н. С. Моделирование движения поезда на основе применения статистических данных. 52

Антропов А. Н., Антропова Т. А. Пассажирский вагон: испытание и приемка тормоза 58

Управление процессами перевозок

Филиппова Е. Г., Чагин В. М. Транспортная задача перевозки зерна из Южного федерального округа в Уральский регион в сетевой постановке 63

Эксплуатация автомобильного транспорта

Чеботаев А. А., Ивахненко А. М., Ошорова В. В., Чеботаев Д. А. Исследование влияния социально ориентированной скорости и кинетической энергии на убывающую аварийность в системе «человек – автомобиль – дорога – окружающая среда» 69

CONTENTS

Transport and transport-technology system of the country, its regions and cities, manufacture organization on transport

Anatoli E. Unitsky, Michael I. Tsyrlin, Dzmitry V. Vikhrenka.

uST uBus U4-220-T2 suspended automatic vehicle for passenger transportation: design features, operational characteristics 3

Dmitry G. Nevolin, Aleksey A. Tsarikov, Viktor G. Bondarenko,

Igor G. Sorogin. Methods of Tram Traffic Organization in Conditions of Dense Building of Modern Cities 12

Marina A. Zhuravskaya, Victor M. Chagin.

Dry Port Ekaterinburg – The Base of New Transport-Logistics Architecture of Russian Federation 19

Andrej E. Kalashnikov, Inna L. Parakhnenko. Innovations in the Field of Digital Railways 26

Valerij M. Samujlov, Lyudmila V. Gashkova, Maksim A. Sereda, Alisa A. Smerdova. The North–South International Transport Corridor as the key element in the global economy and logistics. 31

Konstantin L. Kostyuchenko, Danil A. Faranoso. Unmanned mobile vehicles: innovations and threats 36

Mikhail A. Shtin, Egor L. Pivovarov.

Problems of organizing transport services for metallurgical enterprises with the continuous production cycle. 42

Rolling stock, hauling operation and electrification

Tatyana A. Antropova. Classification of measuring instruments and test facilities on railway transport (a study of diagnostic devices for brakes tests and trials) 48

Sergej V. Bushuev, Nikolaj S. Golochalov. Train movement simulation based on the application of statistical data 52

Aleksandr N. Antropov, Tatyana A. Antropova. Passenger car: brake testing and acceptance 58

Management of transportation processes

Elena G. Filippova, Victor M. Chagin.

The problem of transporting grain from the Southern Federal District to the Ural District in a network setting 63

Operation of motor transport

Alik A. Chebotaev, Andrey M. Ivakhnenko,

Valeria V. Oshorova, Dmitry A. Chebotaev.

Study of the influence of socially oriented speed and kinetic energy on the decreasing accident rate in the system “person – car – road – environment” 69



Анатолий Эдуардович Юницкий

Anatoli E. Unitsky



Михаил Иосифович Цырлин

Michael I. Tsyrlin



Дмитрий Вячеславович Вихренко

Dmistry V. Vikhrenko

Подвесное автоматическое транспортное средство uST юнибус U4-220-T2 для перевозки пассажиров: конструктивные особенности, эксплуатационные характеристики

uST uBus U4-220-T2 suspended automatic vehicle for passenger transportation: design features, operational characteristics

Аннотация

В работе указаны пути повышения пропускной способности транспортной системы, перспективность применения струнного транспорта для перевозки пассажиров, в частности юнибуса U4-220-T2 большой вместимости. Описаны устройство, технические характеристики и конструктивные доработки юнибуса с целью снижения уровня шумов; представлена методика и результаты определения внутренних шумов в пассажирском салоне, а также внешних; произведен сравнительный анализ шумов юнибуса, трамвая и метро. Результаты измерений показали, что уровень внутреннего и внешнего шумов юнибуса после доработки конструкции значительно меньше, чем у трамвая и метро.

Ключевые слова: струнный транспорт, пассажирские перевозки, юнимобиль, юнибус, устройство, технические характеристики, модернизация, испытания, шумовые характеристики.

Abstract

The paper indicates the ways to increase the traffic capacity of the transport system, the prospects for tackling the issue via use of string transport, namely the U4-220-T2 uBus of large capacity, for passenger transportation; the structure, technical characteristics and design modifications of the uBus with the aim to reduce the noise level are described; the method and results of determining internal and external noise of the passenger compartment noise are presented; a comparative analysis of the noise of the uBus, tram and subway was carried out. The measurement results showed that the level of internal and external noise of the uBus after design modification is significantly less than that of the tram and subway.

Keywords: string rail transport, passenger transportation, uMobile, uBus, device, technical characteristics, modernization, testing, noise characteristics.

Авторы Authors

Анатолий Эдуардович Юницкий, председатель совета директоров и генеральный конструктор ЗАО «Струнные технологии», Минск; e-mail: a@unitsky.com | Михаил Иосифович Цырлин, канд. техн. наук, ведущий специалист научно-исследовательского отдела ЗАО «Струнные технологии», Минск; e-mail: m.tsirlin@unitsky.com | Дмитрий Вячеславович Вихренко, канд. техн. наук, ведущий инженер-конструктор КБ «Компоновка» Управления подвижного состава ЗАО «Струнные технологии», Минск; e-mail: d.vikhrenko@unitsky.com

Anatoli E. Unitsky, Chairman of the Board of Directors and General Designer, Unitsky String Technologies, Inc., Minsk; e-mail: a@unitsky.com | Michael I. Tsyrlin, Candidate of Technical Sciences, Leading Specialist of Scientific Research Department, Unitsky String Technologies, Inc., Minsk; e-mail: m.tsirlin@unitsky.com | Dmistry V. Vikhrenko, Candidate of Technical Sciences, Leading Design Engineer of Vehicle Layout Design Office, Rolling Stock Department, Unitsky String Technologies, Inc., Minsk; e-mail: d.vikhrenko@unitsky.com



Рис. 1. Юнибус U4-220-T2 (Марьяна Горка, Республика Беларусь, июль 2018 г.)

Рост населения, загрузка дорог густонаселенных мегаполисов, урбанизация городов, рост городов-спутников, мобильность населения требуют ускоренного развития существующих видов транспорта, увеличения пропускной способности, повышения скорости движения. Возникает острая необходимость в появлении новых видов транспорта.

Будущая транспортная система для перевозки пассажиров должна удовлетворять следующим требованиям:

- высокая пропускная способность при малой площади занимаемой земли и низких затратах на содержание и ремонт путей сообщения;
- минимальное негативное воздействие на окружающую среду при сохранении большого суточного пробега транспортного средства;
- высокая средняя скорость движения при снижении расхода топлива и числа дорожно-транспортных происшествий;
- путь движения должен быть пригоден для движения и маневрирования общественного и индивидуального транспорта.

Наиболее соответствует данным требованиям струнный транспорт Юницкого (СТЮ). Основные достоинства СТЮ:

- экологичность (при использовании тягового электропривода);
- скоростная дорога в эстакадном исполнении не нарушает рельеф местности, биогеоценоз и биоразнообразие прилегающей территории;
- низкая ресурсоемкость и энергозатратность на всех стадиях жизненного цикла скоростной транспортной системы (проектирование, строительство, эксплуатация и демонтаж);

- дорога не уничтожает плодородную почву и произрастающую на ней растительность;
- рельсо-струнная путевая структура не препятствует движению других транспортных средств, пешеходов, животных, так как она размещена на втором уровне и не пересекается с автомобильными и железными дорогами и другими коммуникациями [1–3].

СТЮ может стать в ближайшем будущем одной из самых экологически безопасных, недорогих, высокоэффективных, быстро возводимых, отраслеобразующих транспортных систем XXI века.

Повышение пропускной способности струнных дорог возможно за счет:

- большой вместимости транспортных средств (до 100 пассажиров и более);
- высокой скорости рельсовых электромобилей на стальных колесах, получивших название юнимобиль (до 150 км/ч);
- минимального интервала между электромобилями (от 20 с);
- механической или электронной сцепки электромобилей в состав большой вместимости;
- прокладки рельсо-струнной эстакады по любому ландшафту, по самому короткому маршруту.

Транспортным средством, удовлетворяющим указанным выше требованиям, является бирельсовый юнимобиль юнибус U4-220-T2.

Юнибус U4-220-T2 представляет собой беспилотный подвесной электромобиль на стальных колесах, предназначенный для перевозки 48 человек по городским и пригородным маршрутам по квадэрельсовому пути специальной рельсо-струнной эстакадной дороги (рис. 1).

Таблица 1

Технические характеристики юнибуса U4-220-T2

Наименование параметра	Значение параметра
Масса, кг: в снаряженном состоянии технически допустимая максимальная	8600 12200
Грузоподъемность, кг	3600
Пассажировместимость, чел.: общая мест для сидения	48 16
Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	9522 2000 3245
Максимальная скорость, км/ч: эксплуатационная конструкционная	100 150
Преодолеваемый уклон пути, % (град.)	15 (8,53)
Суммарная мощность, кВт: номинальная максимальная	300 600
Расход электроэнергии на скорости 100 км/ч при пересчете в топливо, кВт·ч/пасс·100 км (кг/пасс·100 км)	0,46 (0,10)
Пробег в автономном режиме, км	200

Основные технические характеристики юнибуса U4-220-T2 приведены в табл. 1 [4].

Юнибус U4-220-T2 является составным подвесным рельсовым транспортным средством (РТС), состоящим из переднего 2 и заднего 4 транспортных модулей, соединенных между собой тягово-сцепным устройством. Транспортные модули, в свою очередь, состоят из переднего 1 и заднего 6 обтекателя, тягового модуля 5 и пассажирского модуля 7, соединенных между собой креплением пассажирского модуля 3 (рис. 2).

Основу тягового модуля составляет тяговая тележка (рис. 3), образующая несущую систему РТС с приводом. Тяговая тележка состоит из колесных движителей, соединенных с рамой, на которой установлены элементы систем — пневматической, гидравлической, системы охлаждения, тормозной системы, системы подпрессоривания, системы тягового электропривода, системы электропитания и т. п. Источником энергии является бортовой накопитель энергии собственной разработки UST, изготовленный на основе литий-ионных ячеек, благодаря чему обеспечивается автономность движения.

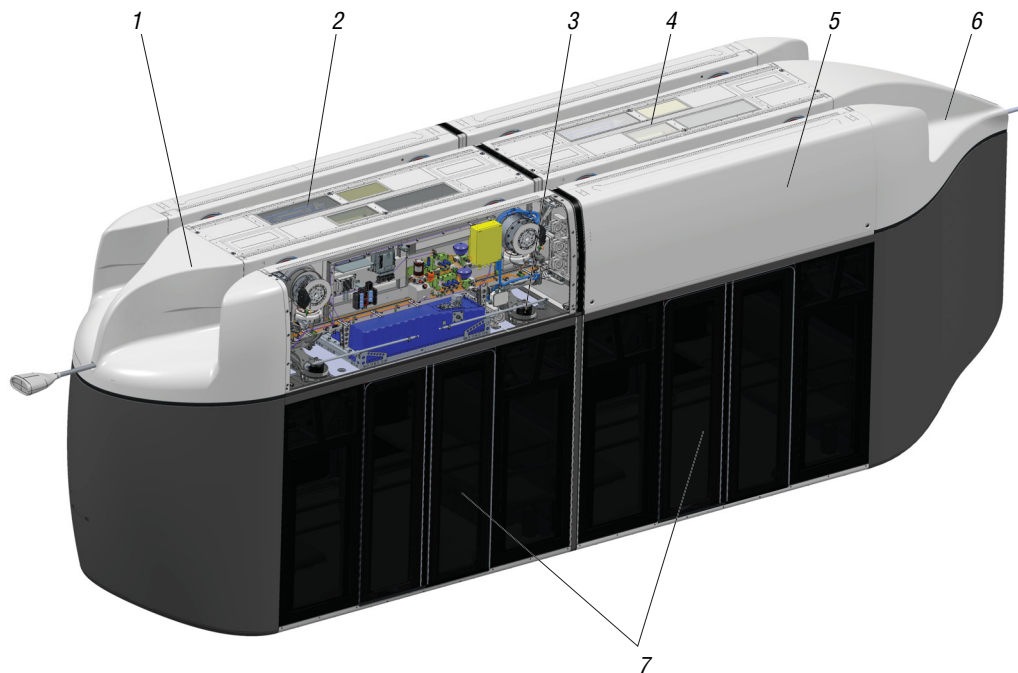


Рис. 2. Общий вид юнибуса:

1 — передний обтекатель; 2 — передний транспортный модуль; 3 — крепление пассажирского модуля; 4 — задний транспортный модуль; 5 — тяговый модуль; 6 — задний обтекатель; 7 — пассажирский модуль

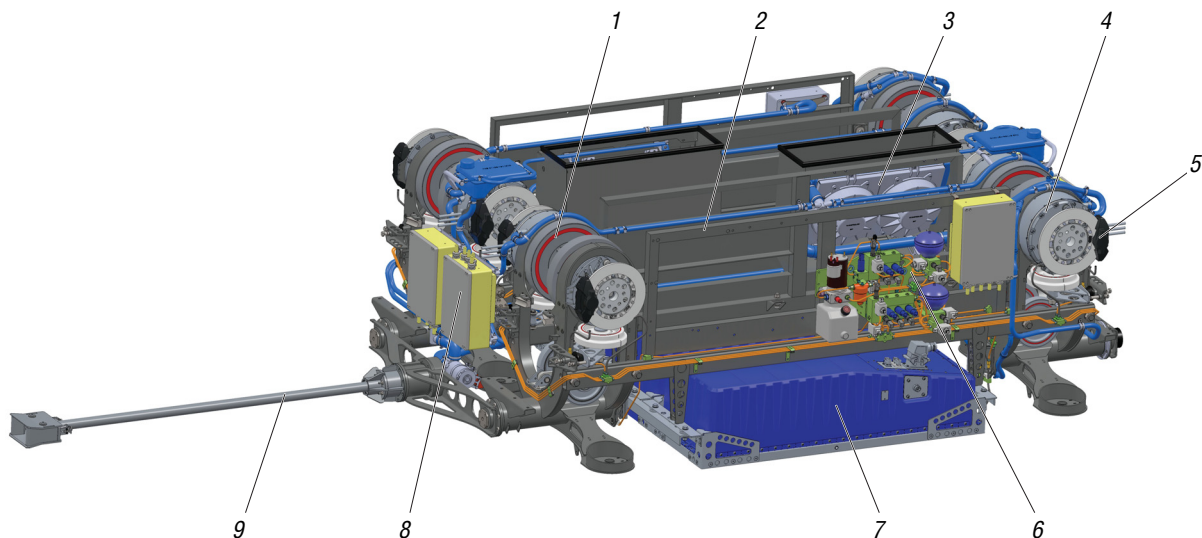


Рис. 3. Тяговая тележка:

1 — колесо опорное; 2 — рама; 3 — система охлаждения; 4 — электродвигатель; 5 — фрикционный тормоз; 6 — гидросистема; 7 — накопитель энергии; 8 — инвертор; 9 — аварийно-буксирное устройство

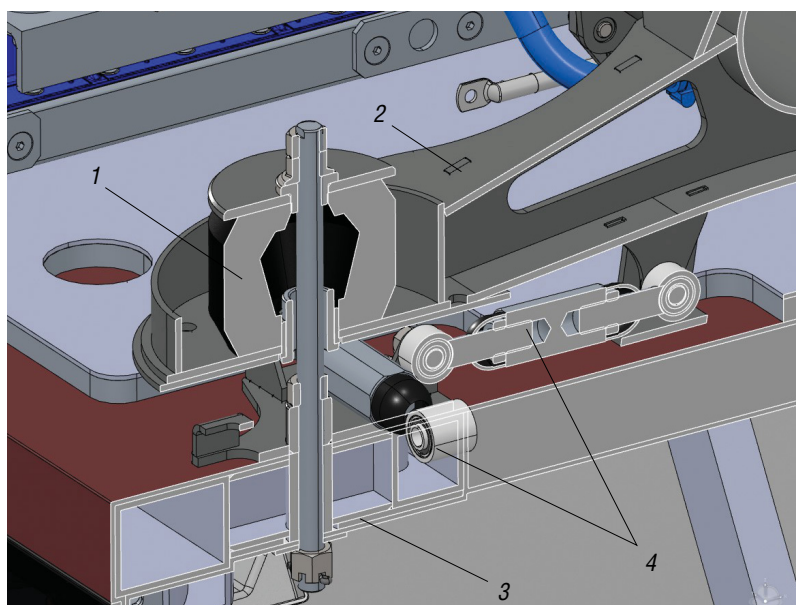


Рис. 4. Подвеска юнибуса до модернизации:

1 — упругий элемент; 2 — рама тягового модуля; 3 — каркас пассажирского модуля; 4 — реактивная штанга

Система поддресоривания — ключевая система обеспечения комфорта и заданной эксплуатационной скорости движения за счет реализации требуемой плавности хода.

Ранее подвеска транспортного модуля состояла из упругого резинового элемента 1, установленного между рамой тягового модуля 2 и каркасом пассажирского модуля 3. Для передачи продольных и попереч-

ных усилий были установлены реактивные штанги 4 (рис. 4).

Однако по результатам испытаний был выявлен повышенный шум как внутри салона юнибуса, так и снаружи. Поэтому в 2021–2022 гг. проведена модернизация, в результате которой юнибус был оснащен двухступенчатой пневматической системой в комбинации пневморесор рукавного и баллонного типов

(рис. 5). Рукавный пневмоэлемент имеет большой ход и предназначен для обеспечения комфортного проезда зон изменения деформативности пути. Эти возмущения имеют низкую частоту и большую амплитуду. Пневмоэлемент баллонного типа направлен на поглощение низкоамплитудных высокочастотных колебаний, связанных с микронеровностью пути. Так, на первой ступени поддресоривания транспортного модуля установлено 8 рукавных пневмоэлементов с гидравлическим амортизатором — по 1 элементу на колесо, направляющим элементом подвески является рычаг, закрепленный к раме через шкворневой узел, позволяющий отрегулировать схождение колес. На второй ступени поддресоривания установлены 4 баллонных пневмоэлемента, а также продольные и поперечные реактивные штанги.

Помимо системы поддресоривания, были модернизированы другие узлы юнибуса. Так, введение поддресоривания колес позволило отказаться от установленных ранее нижних поджимных колес (рис. 6), необходимых для обеспечения контакта с рельсом путевой структуры опорных колес, являющихся одновременно и приводными.

Ввиду того, что основным источником шумового воздействия рельсового транспорта является шум качения стального колеса по стальному рельсу, уменьшение количества потенциальных излучателей шума, а также обеспечение постоянного надежного контакта опорных колес с рельсом за счет установки пневмоэлементов в системе подрессоривания предположительно дают снижение уровня шума.

Уменьшению внутреннего шума способствует также модернизированная система микроклимата и вентиляции: установлены новые компрессоры, вентиляторы конденсаторов изменяемой производительности. Разработаны полностью новые климатические блоки, новые воздуховоды, по которым подается холодный либо теплый воздух в пассажирский салон (рис. 7). Значительное увеличение проходных сечений воздуховодов позволило снизить скорость потока в них, что благоприятно сказывается на уровне внутреннего шума юнибуса.

Модернизации подверглись и другие системы юнибуса. Так, накопитель энергии установлен на телескопических направляющих, обеспечивающих удобный доступ как к самому накопителю, так и узлам тяговой тележки (рис. 8). Все узлы электрооборудования экранированы для уменьшения электромагнитных помех.

Все конструктивные изменения тяговой тележки повлекли разработку и изготовление новой рамы (рис. 9), более жесткой, чем прежняя конструкция из двух полурам (представляющих собой колесные тележки 1, соединенные лонжеронами 2), регулировочного устройства 3 и кронштейна аварийно-буксирного устройства 4.

После проведения конструктивных доработок для проверки эффективности и целесообразности внесенных в конструкцию изменений был определен уровень внутреннего шума в пассажирском салоне, а также внешнего.

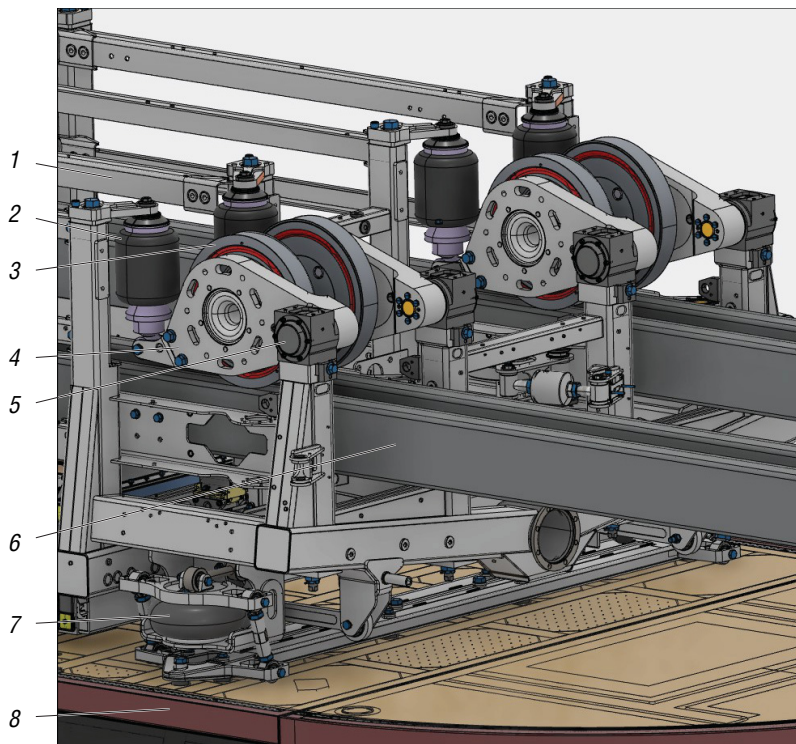
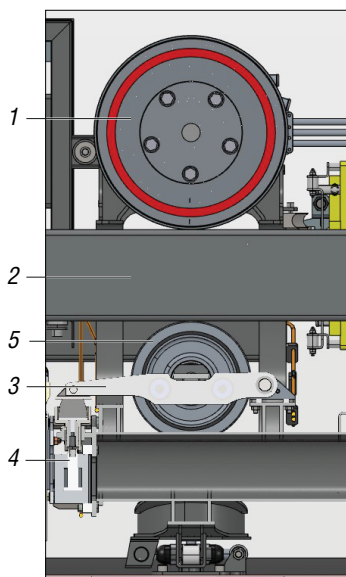


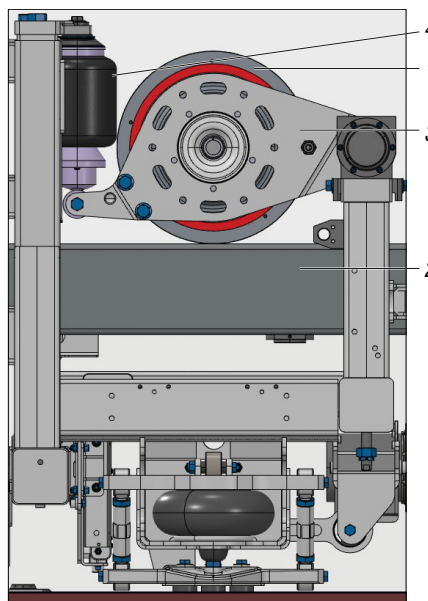
Рис. 5. Подвеска юнибуса после модернизации:
1 — рама тягового модуля; 2 — рукавный пневмогидроэлемент; 3 — колесо;
4 — рычаг подвески; 5 — шкворневой узел; 6 — путевая структура;
7 — баллонный пневмоэлемент; 8 — пассажирский модуль

а) до модернизации



1 — опорное колесо; 2 — путевая структура; 3 — рычаг нижнего колеса; 4 — гидроцилиндр поджима нижнего колеса; 5 — нижнее колесо

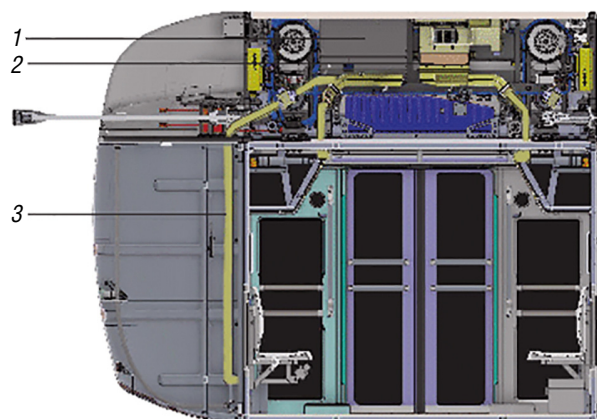
б) после модернизации



1 — опорное колесо;
2 — путевая структура;
3 — рычаг опорного колеса;
4 — пневмогидроэлемент

Рис. 6. Установка колес

а) до модернизации



б) после модернизации

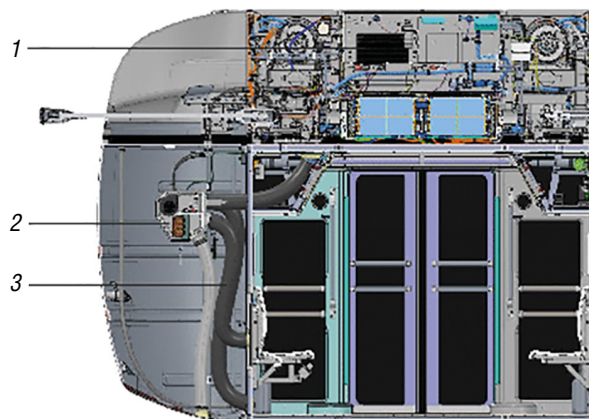


Рис. 7. Установка системы микроклимата:

1 — конденсатор с вентилятором; 2 — климатический блок с испарителем и нагревателем; 3 — воздуховоды

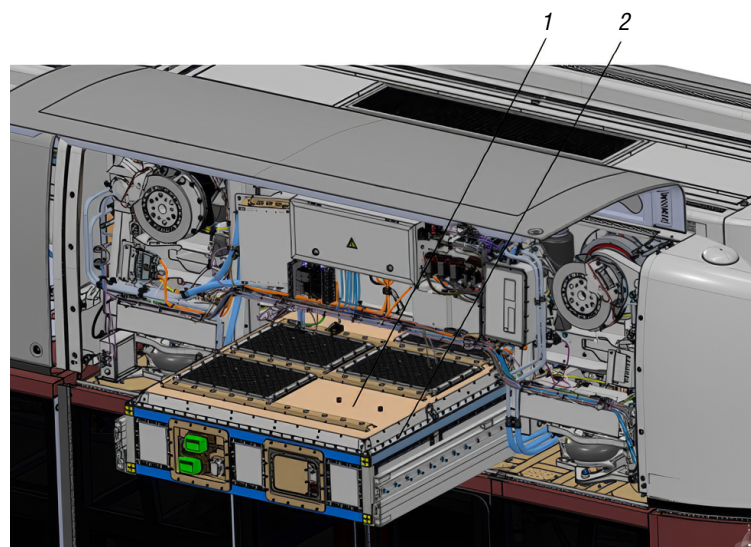


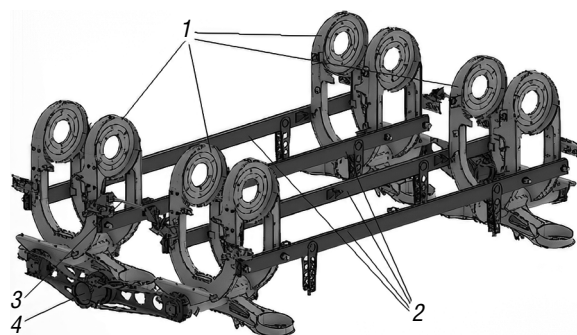
Рис. 8. Выдвижение бортового накопителя энергии:

1 — накопитель энергии; 2 — телескопическая направляющая

При проведении акустических испытаний использовался измерительный комплекс на базе регистратора Simcenter Scadas, измерительные микрофоны МК-265 с предусилителями P200, акустический калибратор типа АК-1000, комбинированный прибор Testo 435-4 с каналом измерения влажности, температуры воздуха, скорости воздушного потока, давления и многофункциональный прибор Экофизика-110А, объединяющий в себе функции шумомера, многоканального вибromетра и анализатора спектра.

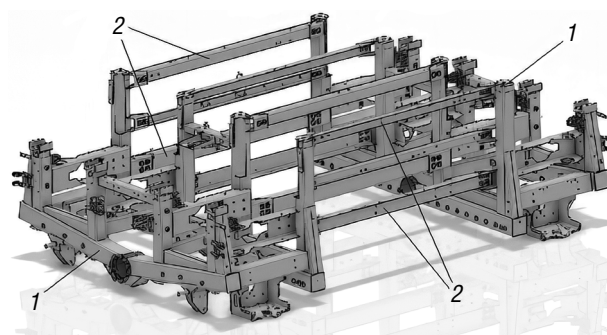
Измерения производились на юниобусе с включенной системой вентиляции пассажирского салона в режиме максимальной производительности по жесткой путевой структуре в снаряженном состоянии.

а) до модернизации



1 — колесная тележка; 2 — лонжерон;
3 — регулировочное устройство;
4 — кронштейн аварийно-буксирного устройства

б) после модернизации



1 — подрамник; 2 — лонжерон

Рис. 9. Рама юниобуса



Рис. 10. Размещение микрофонов в салоне юнибуса

На рис. 10 представлено размещение микрофонов в салоне юнибуса при проведении испытаний.

Результаты определения уровня внутреннего шума при включенной системе вентиляции в пассажирских салонах вагонов № 1 и № 2 представлены в табл. 2 и 3.

По результатам проведенных испытаний установлено, что уровень внутреннего шума в пассажирском салоне юнибуса U4-0220 соответствует заявленным требованиям технического нормативного правового акта (ТНПА) (согласно табл. 3, усредненное максимальное значение 78,7 дБА при нормативном значении не более 82 дБА).

На рис. 11 показана схема измерительного участка при определении уровня внешнего шума.

Измерение уровня внешнего шума производилось на юнибусе в снаряженном состоянии при скорости движения 50 ± 2 км/ч. Оборудование, работающее во время движения, при испытаниях было включено. На расстоянии 50 м от измерительного участка не было зданий, сооружений и других объектов, которые могли бы отражать звук, а также деревьев, кустарников, высокой травы, сухих листьев, глубокого снега.

Результаты определения уровня шума представлены в табл. 4.

По результатам проведенных испытаний установлено, что уровень внешнего шума соответствует заявленным требованиям ТНПА (откорректированное максимальное значение с учетом поправок 75,5 дБА при нормативном

Таблица 2

Внутренний шум в салонах вагонов при движении юнибуса со скоростью 50 ± 2 км/ч, дБА

Место измерения	Номер измерения		
	1	2	3
Вагон 1			
1.1 Место для сидящего пассажира (переднее)	78,3	78,0	78,0
1.2 Место для стоящего пассажира (середина салона)	76,5	75,4	76,4
1.3 Место для сидящего пассажира (заднее)	77,5	77,7	79,0
Вагон 2			
2.1 Место для сидящего пассажира (переднее)	78,8	79,0	78,4
2.2 Место для стоящего пассажира (середина салона)	77,0	76,7	75,9
2.3 Место для сидящего пассажира (заднее)	79,0	78,9	77,9

Таблица 3

Усредненные значения уровней внутреннего шума по результатам испытаний

Место измерения	Результат испытания
Вагон 1	
1.1 Место для сидящего пассажира (переднее)	78,1
1.2 Место для стоящего пассажира (середина салона)	76,1
1.3 Место для сидящего пассажира (заднее)	78,1
Вагон 2	
2.1 Место для сидящего пассажира (переднее)	78,7
2.2 Место для стоящего пассажира (середина салона)	76,5
2.3 Место для сидящего пассажира (заднее)	78,6

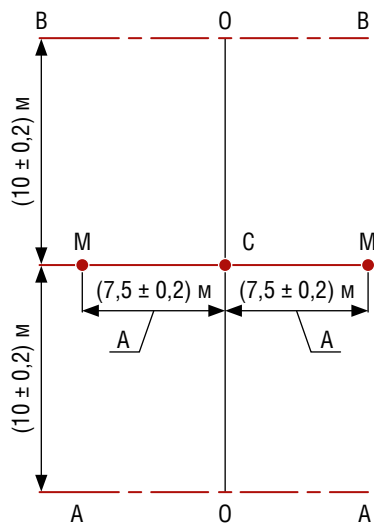


Рис. 11. Схема измерительного участка:
 OO — траектория движения юнибуса (центр путевой структуры);
 М — места расположения микрофонов;
 А-А и В-В — границы испытательного участка; С — центральная точка участка

Таблица 4

Уровень внешнего шума, дБА

Место замера	Номер измерения		
	1	2	3
С левой стороны (по ходу движения)	75,4	76,5	75,8
С правой стороны (по ходу движения)	75,3	74,9	74,7

Таблица 5

Внутренние и внешние шумы, дБА

	До модернизации ТС	После модернизации ТС	Понижение уровня шума
Внутренний шум	81,0	78,7	2,3
Внешний шум	78,4	75,5	2,9

значении не более 80 дБА), определено снижение уровня внутреннего и внешнего шумов после модернизации юнибуса U4-220-T2 (табл. 5).

Если сравнивать с другим городским рельсовым транспортом, таким как трамвай и метро, то уровень шума поезда метрополитена, движущегося в тоннеле со скоростью 60 км/ч, составляет 90–100 дБА. Шум на станциях при разгоне поезда и торможении достигает 80 дБА, а уровни шума внутри вагонов метрополитена последних моделей при движении в тоннеле со скоростью 60 км/ч не превышают 75 дБА, в то время как в вагонах более ранних конструкций они достигают 95 дБА [5, 6].

Внешний шум трамвая при движении по путям на щебеночной засыпке со скоростью 60 км/ч составляет 86 дБА. Если между рельсами применено асфальтовое покрытие, то шум достигает 91 дБА [7]. Внутри трамвая шум 83–84 дБА при скорости 45 км/ч [8].

Для того чтобы оценить, как отличается собственное звуковое давление, можно воспользоваться выражением (1) [9]:

$$\frac{p_2}{p_1} = 10^{\frac{\Delta L_p}{20}}, \quad (1)$$

где p_1 — звуковое давление первого источника, Па; p_2 — звуковое давление второго источника, Па; $\Delta L_p = L_{p2} -$

L_{p1} — разница звуковых давлений первого L_{p1} и второго L_{p2} источников, дБ.

Как видно, уровень внутреннего шума в юнибусе (максимальное значение согласно табл. 5 составляет 78,7 дБА) как минимум на 4 дБА меньше, чем в трамвае, что означает снижение звукового давления в $10^{4/20} = 1,6$ раза. Если сравнить с метро, где в наиболее распространенных вагонах шум достигает 95 дБА, то в юнибусе уровень внутреннего шума будет на 16 дБА меньше, звуковое давление — в 6,3 раза ниже.

По внешнему шуму разница еще более впечатляющая. Так, максимальное значение уровня внешнего шума юнибуса составляет 76,5 дБА, в то время как для трамвая достигает 91 дБА, т. е. разница 14,5 дБА, что означает снижение звукового давления в 5,3 раза. Если сравнить с метро, где в тоннеле шум достигает 100 дБА, т. е. разница 23,5 дБА, при движении юнибуса звуковое давление будет ниже в 15 раз по сравнению с транспортом традиционной конструкции.

Таким образом, после доработки конструкции юнибуса U4-220 с целью улучшения эксплуатационных характеристик определено понижение шумов внутри салона на 2,3 дБА, внешнего — на 2,9 дБА, при этом уровень давления внутреннего у юнибуса меньше, чем у трамвая, в 1,6 раза, метро — в 6,3 раза, для внешнего — в 5,3 и 15 раз соответственно. ИТ

Список литературы

1. Юницкий А. Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе. Силакрогс : ПНБ принт, 2019. 576 с.
2. Юницкий А. Э. Инновационные транспортно-инфраструктурные технологии uST : альбом. Минск, 2021. 94 с.
3. Юницкий А. Э., Гарах В. А., Цырлин М. И. Струнный транспорт для городских перевозок пассажиров // Наука и техника транспорта. 2021. № 3. С. 19–25. ISSN 2074-9325.
4. Средство транспортное Юнибус U4-220-T2. Руководство по эксплуатации 4232T0.0000.000-10PЭ. Минск : ЗАО «Струнные технологии», 2023. 300 с.
5. Соловьева И. В., Быкова Н. П., Запорожченко А. А., Худницкий С. С., Амелченко Е. В. Исследования шума и инфразвука на рабочих местах машинистов электропоездов Минского метрополитена // Здоровье и окружающая среда. 2010. № 15. С. 132–136. ISSN 2076-3778.
6. Каганов А. Ш. Характеристики шума некоторых звуковых источников технического происхождения, используемые в криминалистических исследованиях звуковой среды // Актуальные проблемы теории и практики судебной экспертизы : тез. докл. междунар. конф. Н. Новгород : МЮ РФ, 2004. С. 113–117.
7. Дудкин Е. П., Черняева В. А., Дороничесва С. А., Смирнов К. А. Повышение эффективности и конкурентоспособности трамвая на рынке пассажирских перевозок // Известия ПГУПС. 2017. № 2. С. 230–237. ISSN 1815-588.
8. Кустенко А. А. Исследование влияния шума и вибрации в трамвайном движении // Вестник Курганского государственного университета. Серия: Технические науки, 2017. № 2. С. 97–99. ISSN 2222-3347.
9. Вощукова Е. А. Физические основы строительной акустики. Брянск : БГИТА, 2011. 96 с.

References

1. Yunitskiy A. E. String transport systems: on Earth and in Space. Silacrogs : PNB print, 2019. 576 p.
2. Yunitskiy A. E. Innovative transport and infrastructure technologies uST : album. Minsk, 2021. 94 p.
3. Yunitskiy A. E., Garakh V. A., Tsyrlin M. I. String transport for urban passenger transportation // Science and technology of transport. 2021. No. 3. P. 19–25. ISSN 2074-9325.
4. Vehicle Unibus U4-220-T2. Operation manual 4232T0.0000.000-10RE. Minsk : Skyway Technologies CJSC, 2023. 300 p.
5. Solovyova I. V., Bykova N. P., Zaporozhchenko A. A., Khudnitskiy S. S., Amelchenko E. V. Studies of noise and infrasound in the workplaces of electric train drivers of the Minsk metro // Health and Environment. 2010. No. 15. P. 132–136. ISSN 2076-3778.
6. Kaganov A. Sh. Noise characteristics of some sound sources of technical origin used in forensic studies of the sound environment // Actual problems of theory and practice of forensic examination : abstracts of the reports of the international conf. N. Novgorod : Ministry of Justice of the Russian Federation, 2004. P. 113–117.
7. Dudkin E. P., Chernyaeva V. A., Doronichesva S. A., Smirnov K. A. Improving the efficiency and competitiveness of the tram in the passenger transportation market // Izvestiya PGUPS. 2017. No. 2. P. 230–237. ISSN 1815-588.
8. Kustenko A. A. Investigation of the influence of noise and vibration in tram traffic // Bulletin of the Kurgan State University. Series: Technical Sciences. 2017. No. 2. P. 97–99. ISSN 2222-3347.
9. Voshchukova E. A. Physical foundations of building acoustics. Bryansk : BGITA, 2011. 96 p.



Дмитрий Германович Неволин

Dmitry G. Nevolin



Алексей Алексеевич Цариков

Aleksey A. Tsarikov



Виктор Григорьевич Бондаренко

Viktor G. Bondarenko



Игорь Георгиевич Сорогин

Igor G. Sorogin

Методы организации трамвайного движения в условиях плотной застройки современных городов

Methods of Tram Traffic Organization in Conditions of Dense Building of Modern Cities

Аннотация

Статья посвящена вопросам организации трамвайного движения в крупных городах. Рассматриваются этапы развития трамвайных сетей в городах России, причины организации совмещенного движения трамваев с автомобильным транспортом. Для уменьшения числа дорожно-транспортных происшествий и заторов на трамвайных путях предложены различные варианты обособления путей, в том числе в стесненных условиях движения.

Ключевые слова: городской общественный транспорт, трамвайные системы, организация трамвайного движения.

Abstract

The article is dedicated to the problems of tram traffic organization in big cities. Stages of tram networks development in the cities of Russia, reasons of the organization of combined traffic of trams and automobile transport are considered. Different variants of tracks isolation including heavy traffic conditions have been suggested to minimize the number of car-traffic accidents and traffic jams on tramways.

Keywords: city public transport, tram systems, tram traffic organization.

Авторы Authors

Дмитрий Германович Неволин, д-р техн. наук, действительный член Российской академии транспорта, профессор кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: innotrans@mail.ru | **Алексей Алексеевич Цариков**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: Zarikof@mail.ru | **Виктор Григорьевич Бондаренко**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: viktorbondarenko73@mail.ru | **Игорь Георгиевич Сорогин**, канд. пед. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: ISorogin@usurt.ru

Dmitry G. Nevolin, Doctor of Technical Science, Full member of the Russian Academy of Transport, Professor of the Chair "Design and Operation of Automobiles" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: innotrans@mail.ru | **Aleksey A. Tsarikov**, Candidate of technical sciences, Associate Professor of "Design and Operation of Automobiles" of Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg e-mail: Zarikof@mail.ru | **Viktor G. Bondarenko**, Candidate of technical sciences, Associate Professor of "Design and Operation of Automobiles" of Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg, e-mail: viktorbondarenko73@mail.ru | **Igor G. Sorogin**, Candidate of pedagogical sciences, Associate Professor of "Design and Operation of Automobiles" of Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg, e-mail: I.Sorogin@usurt.ru

Введение

Трамвай как вид городского пассажирского транспорта начал свое развитие в конце XIX в. За это время он пережил этапы становления, развития, деградации, а также полного исчезновения во многих городах мира. Однако современный опыт показывает, что в городах с населением более 500 тысяч жителей трамвай может быть наиболее эффективным видом транспорта при выполнении ряда условий, к которым можно отнести высокую провозную способность, неукоснительное выполнение расписания движения, минимизацию влияния заторов за счет обособления путей сообщения [1–3].

Повышение скорости сообщения

Строительство трамвайных путей в городах Европы и Российской империи велось еще до начала Первой мировой войны. При этом трамвайные линии прокладывались по наиболее нагруженным пассажирами направлениям, которые проходили через центральную историческую часть городов. Практически все улицы, по которым проложили трамвайные линии в те годы, были сформированы в середине XIX – начале XX в. и предназначались только для пешеходного и гужевого движения.

После окончания Первой мировой войны начался бурный рост уровня автомобилизации стран Западной Европы и Соединенных Штатов Америки. С появлением интенсивного автомобильного движения улицы, где трамвай конкурировал с легковыми и грузовыми автомобилями, перестали отвечать требованиям безопасности движения. В таких условиях в ряде европейских городов было принято решение о закрытии трамвайного движения в пользу автомобильного транспорта.

В городах постсоветского пространства рост уровня автомобилизации населения начался гораздо позже, ориентировочно в начале 70-х гг. XX в. При этом активное развитие трамвайных систем наблюдалось уже в 1930-е гг. Одновременно с этим шла индустриализация городов Советского Союза, в результате которой появлялись улицы с новыми геометрическими параметрами.

Развитие Екатеринбургского (Свердловского) трамвая началось в конце 20-х гг. XX в. одновременно с индустриализацией города. Практически все современные трамвайные линии, проходящие через центральную часть города, были построены до начала Великой Отечественной войны. В тот период действовали иные нормативные требования по строительству и реконструкции улиц, поэтому трамвайные пути были сформированы с учетом совмещенного движения трамваев и автомобилей.

В 1950-е гг. начался следующий этап развития Екатеринбургского (Свердловского) трамвая, когда линии

стали связывать центральную часть города со средними районами и периферией. Застройка районов в 1950–1970-е гг. несколько отличалась шириной улиц от довоенного и дореволюционного периодов. Трамвайные пути строились в основном на собственном или обособленном полотне.

На современном этапе развития трамвайной системы Екатеринбурга строительство линий ведется только на отдельном или выделенном полотне. При этом используются современные технологии устройства земляного полотна, применяются монолитное основание или железобетонные шпалы, а также наиболее износостойкие рельсы и надежные крепления.

Как видно из рис. 1, наиболее низкая скорость движения трамвая зафиксирована в центральной части города. В пиковые периоды она составляет 9–11 км/ч. Именно в этой зоне трамвайные пути совмещены с проезжей частью, предназначенной для движения пневмоколесных видов транспорта.

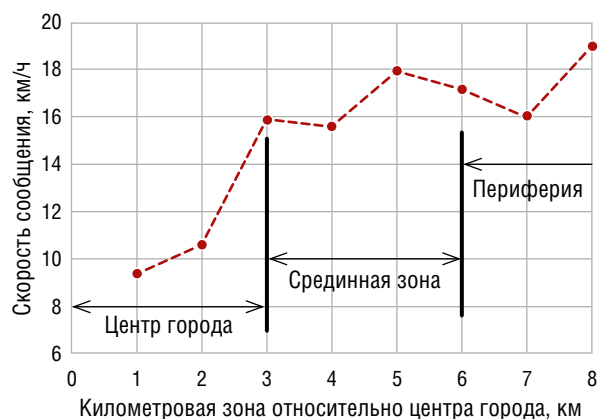


Рис. 1. Пространственная оценка скорости сообщения трамвая относительно центральной части Екатеринбурга

В срединной зоне Екатеринбурга трамвайные пути в большей мере обособлены или построены на собственном выделенном пути, поэтому здесь значительно снижается влияние автомобилей на трамвайное движение. При этом скорость движения трамвая в срединной зоне и на периферии практически в два раза выше, чем в центре.

Согласно СП 98.13330.2018 [4], трамвайные пути в зависимости от местных условий предусматриваются на совмещенном, обособленном и выделенном полотне. В работе [5] были предложены типовые решения для их строительства и ремонта. Учитывая данный фактор, авторы провели аудит трамвайных путей по Екатеринбургу (табл. 1). Анализ трамвайной сети показал, что в Екатеринбурге на данный момент только 25,4 км (27,4 %) путей проложено на совмещенном полотне. При этом большая часть этих путей, а именно 13,7 км, расположена в центральной части города.

Распределение трамвайных путей Екатеринбурга в зависимости от конструкции полотна

	Обособленные пути		Выделенные пути		Совмещенные пути	
	км	%	км	%	км	%
Город в целом	17,9	19,3	49,4	53,3	25,4 (2,2*)	27,4 (2,4*)
Центральная часть города	1,3	6,9	3,9	20,6	13,7 (2,2*)	72,5 (11,6*)

*Трамвайные пути, проходящие по внешней стороне сквера

Примечательно, что в центре Екатеринбурга по проспекту Ленина проложен пешеходный бульвар. Трамвайное движение по проспекту проходит по оси проезжей части, по внешней стороне сквера. Наличие сквера вдоль трамвайных путей частично снижает влияние автомобилей на движение вагонов.

Для повышения привлекательности и эффективности трамвайного движения в первую очередь необходимо повысить скорость движения поездов, а для этого нужно решить проблему совмещенных путей в центральной части города.

Снижение количества сбоев в работе трамвая по причине дорожно-транспортных происшествий (ДТП)

В настоящее время достаточно остро стоит проблема бесперебойной работы трамваев в крупных и крупнейших городах России. Множественные ДТП на трамвайных путях парализуют движение и отрицательно сказываются на привлекательности общественного транспорта. Так, в Екатеринбурге ежегодно фиксируется примерно 1500 дорожно-транспортных происшествий, которые парализуют движение трамваев [6]. При этом наиболее сложными можно считать участки с совмещенным движением.

На линиях с обособленным движением ДТП происходят только в местах пересечения транспортных потоков, т.е. на регулируемых перекрестках или на выездах с прилегающих территорий. В среднем на 1 км обособленного пути приходится не более 5–6 ДТП в год.

На совмещенных путях, особенно в центре, количество ДТП на 1 км сети составляет 50 и более происшествий в год. На рис. 2 показана схема расположения аварийных участков трамвайной сети Екатеринбурга. Наиболее проблемным участком является улица Луначарского от пересечения с улицей Малышева до Декабри-

стов, на которой ежегодно происходит более 200 происшествий из расчета на 1 км сети. Достаточно сложные с точки зрения аварийности улицы 8 Марта, Гагарина, Ленина и Московская. Здесь на 1 км сети ежегодно фиксируется более 100 происшествий.



Рис. 2. Схема аварийных участков трамвайных путей Екатеринбурга:

— от 100 до 200 ДТП/км; — от 30 до 50 ДТП/км; — от 50 до 100 ДТП/км; — обособленные пути

Таким образом, для многократного, в десять и более раз, снижения количества ДТП на трамвайных путях необходимо проводить работы по их обособлению. Аналогичного мнения придерживаются многие отечественные специалисты [7–9], которые указывают на необходимость развития общественного транспорта.

Проблема обособления трамвайных путей

Для решения проблем безопасности движения администрация Екатеринбурга с 2000 г. начала реконструкцию остановочных пунктов, размещенных на проезжей части,

а также обособление трамвайных путей. Но 10 лет назад работы были практически остановлены. В соответствии с действующими на тот момент нормативными требованиями, для обособления трамвайных путей было необходимо, чтобы ширина проезжей части, предназначенной для движения транспорта в четыре полосы и трамвая в двух направлениях, составляла минимум 22,4 м. При этом основная часть улиц с трамвайным движением имела ширину 20–21 м, а на ряде улиц ширина проезжей части составляла 19 м и менее.

На рис. 3 показаны схемы трамвайных сетей Екатеринбурга и Самары с указанием проблемных с точки зрения обособления участков.

Как видно из рис. 3, в Самаре достаточно много улиц с трамвайным движением, где ширина проезжей части составляет 19 м и менее. При этом на одном участке ширина улицы составляет всего 14 м. Трамваи в Самаре были запущены еще до революции 1917 г., и трамвайные пути прокладывались по старым узким улицам XIX века. Для увеличения ширины проезжей части на этих улицах необходим снос огромного количества

зданий, которые относятся к объектам культурного наследия, поэтому для организации трамвайного движения здесь необходим иной подход.

Предложения по организации трамвайного движения

В первую очередь необходимо рассмотреть новые нормативные документы, которые регламентируют ширину трамвайных путей и полос для движения автомобилей (табл. 2).

Данные табл. 2 показывают, что в последние годы произошли существенные изменения в части геометрических параметров улично-дорожной сети. Ширину магистральных улиц приняли в пределах от 3,25 до 3,75 м, что позволило более гибко подходить к проектированию улично-дорожной сети. Кроме того, в стесненных условиях нормативная документация стала допускать уменьшение расстояния от оси трамвайных путей до проезжей части.

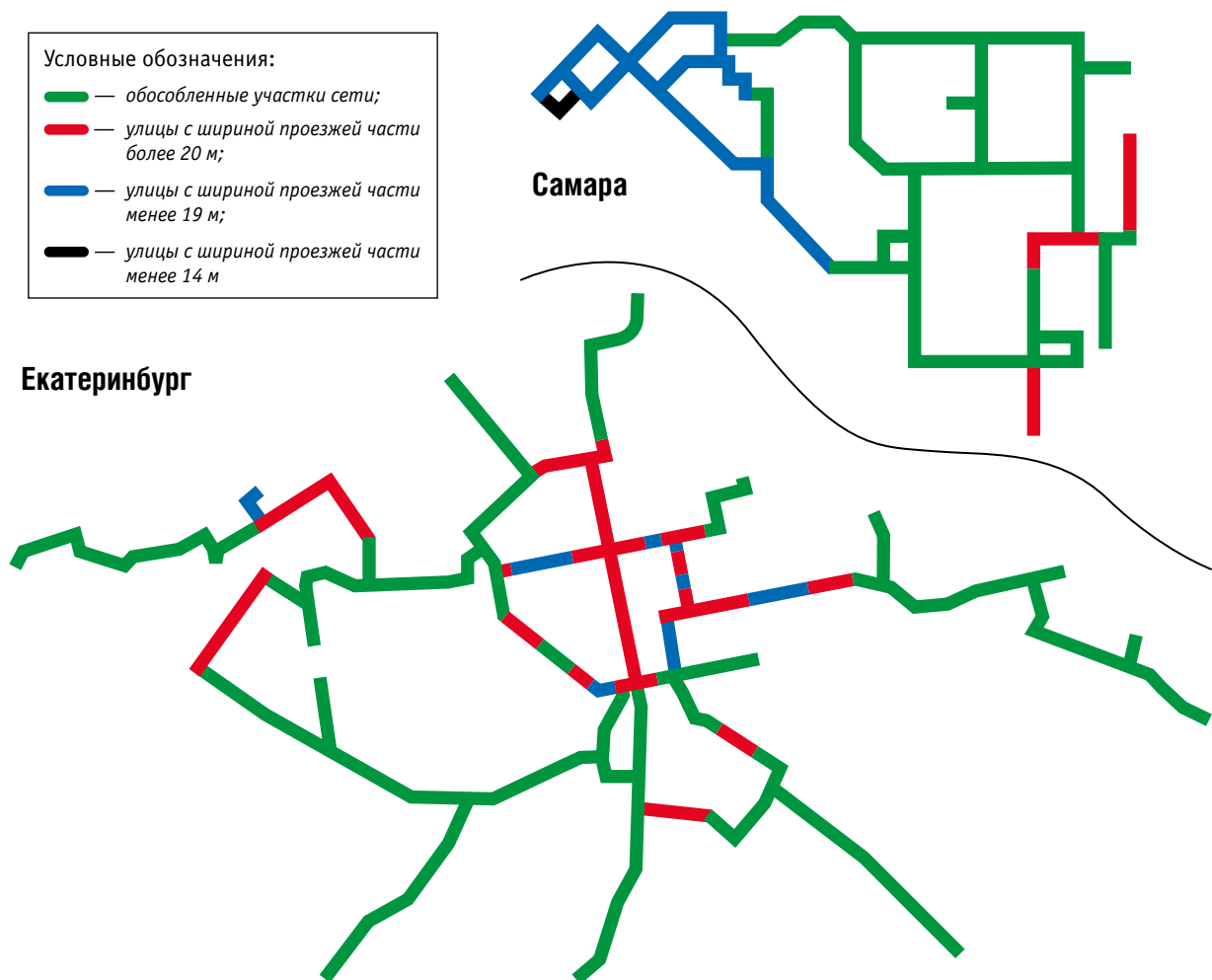


Рис. 3. Схемы трамвайных сетей с указанием проблемных участков

Таблица 2

Нормативные данные о ширине полос движения

Виды путей сообщения	Ширина полосы движения, м	Нормативный документ
Магистральные улицы общегородского значения	3,25–3,75	СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство [10]
Магистральные улицы районного значения	3,25–3,75	СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство [10]
Расстояние между осями смежных трамвайных путей при боковом размещении опор контактной сети	3,2	СП 98.13330.2018. Трамвайные и троллейбусные линии [4]
Расстояние между осями смежных трамвайных путей при установке опор контактной сети в междупутье	3,7	СП 98.13330.2018. Трамвайные и троллейбусные линии [4]
Минимальное горизонтальное расстояние от оси трамвайного пути до проезжей части	1,9	СП 98.13330.2018. Трамвайные и троллейбусные линии [4]
Минимальное горизонтальное расстояние от оси трамвайного пути до проезжей части (в стесненных условиях)	1,6	СП 98.13330.2018. Трамвайные и троллейбусные линии [4]

Таблица 3

Расчет ширины проезжей части при различном числе полос

Количество полос движения	Количество трамвайных путей	Условия движения	Ширина проезжей части, м
6	2	обычные	$6 \cdot 3,5 + 2 \cdot 0,5 + 2 \cdot 3,7 = 29,4$
4	2	обычные	$4 \cdot 3,5 + 2 \cdot 0,5 + 2 \cdot 3,7 = 22,4$
4	2	стесненные	$4 \cdot 3,25 + 2 \cdot 0,5 + 2 \cdot 3,2 = 20,4$
3	2	обычные	$3 \cdot 3,5 + 2 \cdot 0,5 + 2 \cdot 3,7 = 18,9$
3	2	стесненные	$3 \cdot 3,25 + 2 \cdot 0,5 + 2 \cdot 3,2 = 17,2$
2	2	обычные	$2 \cdot 3,5 + 2 \cdot 0,5 + 2 \cdot 3,7 = 15,4$
2	2	стесненные	$2 \cdot 3,25 + 2 \cdot 0,5 + 2 \cdot 3,2 = 13,9$

Новые нормативные документы позволили рассчитать необходимые размеры проезжей части для организации трамвайных путей с разным числом полос для движения пневмоколесных видов транспорта (табл. 3).

Расчеты показали, что для организации трамвайного движения одновременно с 6-полосной проезжей частью для движения автомобилей необходимо, чтобы ширина улицы составляла 29,4 м. Для 4-полосного движения необходима проезжая часть шириной 22,4 м. При этом в стесненных условиях допускается организация 4-полосного движения при ширине проезжей части 20,4 м.

На более узких улицах можно применять другие способы организации движения, например использование

парных улиц с односторонним движением (рис. 4). Для этого на одной из улиц с большой шириной проезжей части организуется одностороннее движение транспорта и двухстороннее движение трамвайных вагонов. По другой, параллельной, улице запускается движение автомобилей в противоположную сторону.

Для организации одностороннего движения автомобилей одновременно с трамваями необходимы улицы с шириной проезжей части от 17 до 19 м. Для двухполосного движения достаточно ширины 14–15,4 м. На улицах, где ширина проезжей части составляет менее 12 м, можно использовать другие варианты организации движения (табл. 4).

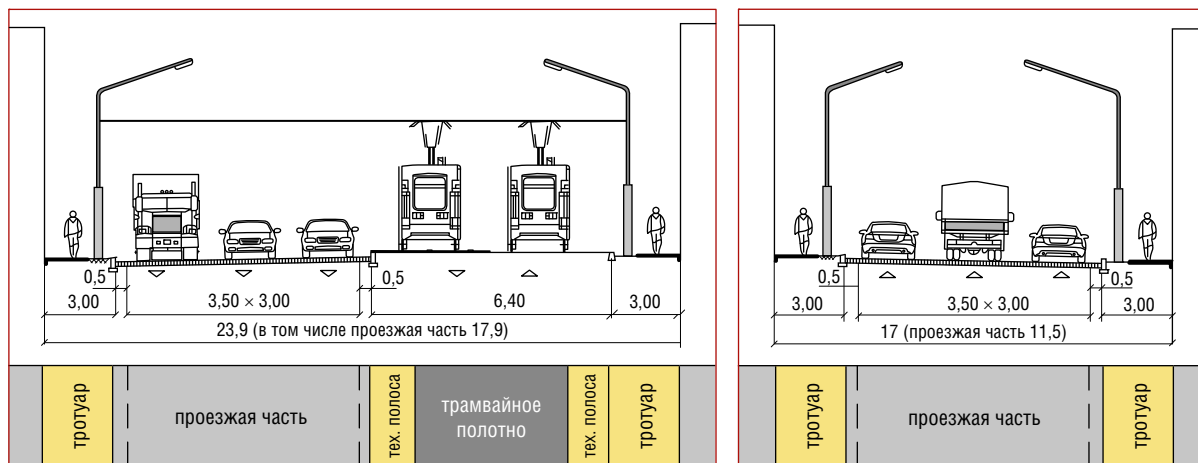


Рис. 4. Пример переноса трамвайных путей с организацией одностороннего движения

Таблица 4

Варианты организации движения на улицах с крайне узкой проезжей частью [11]

№	Вариант	Преимущества	Недостатки
1	Перевод улицы в разряд трамвайно-пешеходных (рис. 5, а)	Улица полностью закрывается для движения автотранспорта. Исключение составляют только пешеходы и экологически чистые виды транспорта	Сложность организации транспортного обслуживания зданий, находящихся на улице
2	Совместное использование путей трамваями и легковыми автомобилями (рис. 5, б)	Возможность транспортного обслуживания зданий, расположенных на улице, и организации парковок	Необходим жесткий контроль за движением личных автомобилей по данным улицам. Перегруженные транспортом улицы могут полностью парализовать работу трамвая. Припаркованные на проезжей части автомобили могут остановить движение трамвайных поездов
3	Устройство трамвайных путей в крайнем правом ряду (рис. 5, в)	Остановочные пункты могут быть организованы за счет пешеходных тротуаров	Сужение ширины тротуаров ухудшает удобство передвижения пешеходов. Припаркованные на проезжей части автомобили могут остановить движение трамвайных поездов

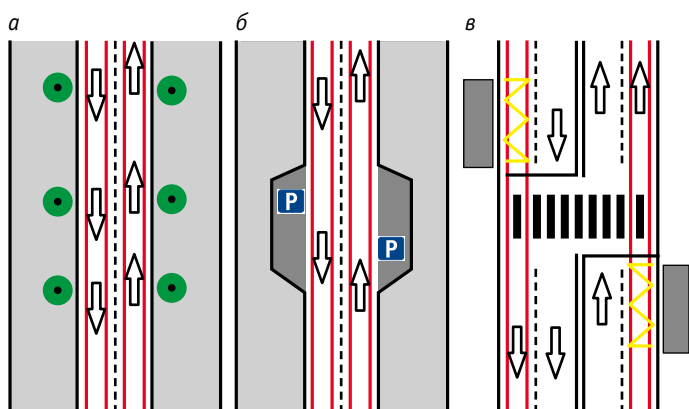


Рис. 5. Возможные варианты организации трамвайных остановок и линий на улицах с крайне узкой шириной проезжей части

Выводы

Перегруженность улично-дорожной сети крупных городов в значительной мере затрудняет условия функционирования трамвайных систем, приводит к срывам расписаний, задержкам подачи поездов. Для повышения привлекательности трамвая необходимо не только регулярно обновлять подвижной состав, но и создавать приоритетные условия для трамвайного движения. Минимизация количества пересечений трамвайных линий с автомобильными потоками позволит повысить скорость сообщения рельсового городского транспорта и увеличить выполняемый объем работы за единицу времени. ИТ

Список литературы

1. Дудкин Е. П., Черняева В. А. Области эффективно-го применения рельсового городского транспорта и возможности их расширения // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, экономике, практике. 2015. Спецвыпуск. С. 48–51. ISSN 1994-831X.
2. Резников И. Л., Истомина Л. Ю., Баранов, А. С., Сабельникова Е. С. Определение оптимального вида рельсового пассажирского транспорта для городов России: опыт Калининграда, Самары, Владивостока, Санкт-Петербурга // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, экономике, практике. 2015. Спецвыпуск. С. 15–21. ISSN 1994-831X.
3. Дудкин Е. П., Черняева В. А., Доронищева С. А. Основные аспекты проектирования систем рельсового транспорта в городах // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2016. Т. 6. № 1 (7). С. 38–43. ISSN 2222-9396.
4. СП 98.13330.2018. Трамвайные и троллейбусные линии. СНИП 2.05.09-90. М.: Стандартиформ, 2019. 54 с.
5. Дудкин Е. П., Гмыря К. А., Андреева Л. А., Романовская Н. В. Классификация конструкций трамвайных путей // Бюллетень результатов научных исследований. 2019. Вып. 2. С. 81–87. ISSN 2223-9987. DOI: 10.20295/2223-9987-2019-2-81-87.
6. Цариков А. А. Анализ дорожно-транспортных происшествий на трамвайных путях города Екатеринбурга // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2014. № 5. С. 7–12. ISSN 2222-9396.
7. Козлов Д. В., Султанов Н. Н. Современные и перспективные виды обособленного наземного и надземного городского транспорта // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, экономике, практике. 2015. Спецвыпуск. С. 57–57. ISSN 1994-831X.
8. Лосин Л. А., Левадная Н. В., Черняева В. А. Определение приоритетов развития общественного пассажирского транспорта в городах // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2013. № 4. С. 43–47. ISSN 1815-588X.
9. Цариков А. А. Проблемы обособления трамвайных путей в крупных и крупнейших городах России // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния. Материалы XXII Международной (двадцать пятой Екатеринбургской) научно-практической конференции. Екатеринбург: АМБ, 2016. С. 357–363.
10. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНИП 2.07.01-89*. М.: Стандартиформ, 2017. 86 с.
11. Цариков А. А. К вопросу организации трамвайного движения на проблемных участках на примере Екатеринбурга // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XXIV Международной (XXVII Екатеринбургской, II Минской) научно-практической конференции. Минск, 2018. С. 279–288.

References

1. Dudkin E. P., Chernyaeva V. A. Areas of effective use of urban rail transport and the possibility of their expansion // Transport of the Russian Federation. A journal about science, economics, and practice. 2015. Special issue. P. 48–51. ISSN 1994-831X.
2. Reznikov I. L., Istomina L. Yu., Baranov, A. S., Sabelnikova E. S. Determination of the optimal type of rail passenger transport for Russian cities: the experience of Kaliningrad, Samara, Vladivostok, St. Petersburg // Transport of the Russian Federation. A journal about science, economics, and practice. 2015. Special issue. P. 15–21. ISSN 1994-831X.
3. Dudkin E. P., Chernyaeva V. A., Doronicheva S. A. The main aspects of designing rail transport systems in cities // Modern problems of the transport complex of Russia. 2016. Vol. 6. No. 1 (7). P. 38–43. ISSN 2222-9396.
4. SP 98.13330.2018. Tram and trolleybus lines. SNiP 2.05.09-90. Moscow: Standartinform, 2019. 54 p.
5. Dudkin E. P., Gmyrya K. A., Andreeva L. A., Romanovskaya N. V. Classification of tramway structures // Bulletin of scientific research results. 2019. Issue. 2. P. 81–87. ISSN 2223-9987. DOI: 10.20295/2223-9987-2019-2-81-87.
6. Tsarikov A. A. Analysis of traffic accidents on the tramways of the city of Yekaterinburg // Modern problems of the transport complex of Russia. 2014. No. 5. P. 7–12. ISSN 2222-9396.
7. Kozlov D. V., Sultanov N. N. Modern and promising types of separate ground and aboveground urban transport // Transport of the Russian Federation. A journal about science, economics, and practice. 2015. Special issue. P. 57–57. ISSN 1994-831X.
8. Losin L. A., Levadnaya N. V., Chernyaeva V. A. Defining priorities for the development of public passenger transport in cities // Izvestia of the St. Petersburg University of Railway Engineering. 2013. No. 4. P. 43–47. ISSN 1815-588X.
9. Tsarikov A. A. Problems of isolation of tramways in large and largest cities of Russia // Socio-economic problems of development and functioning of transport systems of cities and zones of their influence. Materials of the XXII International (twenty-fifth Yekaterinburg) scientific and practical Conference. Yekaterinburg: AMB, 2016. P. 357–363.
10. SP 42.13330.2016. Urban planning. Planning and development of urban and rural settlements. Updated version of SNiP 2.07.01-89*. Moscow: Standartinform, 2017. 86 p.
11. Tsarikov A. A. On the issue of organizing tram traffic in problem areas on the example of Yekaterinburg // Socio-economic problems of development and functioning of transport systems of cities and zones of their influence: materials of the XXIV International (XXVII Yekaterinburg, II Minsk) scientific and practical conference. Minsk, 2018. P. 279–288.



Марина Аркадьевна Журавская

Marina A. Zhuravskaya



Виктор Максимович Чагин

Victor M. Chagin

Сухой порт Екатеринбург — основа новой транспортно-логистической архитектуры Российской Федерации

Dry Port Ekaterinburg – The Base of New Transport-Logistics Architecture of Russian Federation

Аннотация

Статья носит обзорный характер, написана на основе анализа научных литературных источников, а также по материалам нескольких круглых столов, посвященных вопросам развития инфраструктурного проекта «Сухой порт Екатеринбург». Сформулированы потенциальные возможности, преимущества и проблемы проекта. Рассмотрена проблема комплексного формирования сети железных дорог в Урало-Арктической зоне с целью создания стратегической железнодорожной транспортной решетки, которая обеспечит систему выходов к Северному морскому пути. Главная идея: транспортно-логистическая архитектура страны должна меняться при комплексном подходе к развитию территорий разных уровней и обеспечить транспортный суверенитет Российской Федерации. Важным этапом такого изменения становится проект «Сухой порт Екатеринбург».

Ключевые слова: сухой порт, Екатеринбург, транспортный суверенитет, новая транспортно-логистическая архитектура, Урало-Арктическое пространство, Северный морской путь (СМП).

Abstract

The article is an overview on the bases of the analyses of scientific literary sources and the materials of several round tables dedicated to the problems of the infrastructural project “Dry Port Ekaterinburg” development. The project potentials, advantages, and problems have been formulated. The problem of complexed formation of railway networks in the Ural-Arctic area aimed to create strategic railway facilities which would provide the system of way-outs to the North Sea Rout has been considered. The main idea – transport logistics architecture of the country should be changed under a complex approach for the development of different level territories and guarantee transport sovereignty of Russian Federation. The project “Dry Port Ekaterinburg” is becoming an important step of this change.

Keywords: Dry Port, Ekaterinburg, Transport Sovereignty, new transport-logistics architecture, Ural-Arctic area, North Sea Rout (NSR).

Авторы Authors

Марина Аркадьевна Журавская, канд. техн. наук, доцент, исполнительный директор Уральской логистической ассоциации, Екатеринбург | Виктор Максимович Чагин, студент 3 курса, Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Marina A. Zhuravskaya, Phd. of Technical science, associate professor, CEO of Urals Logistic Association, Ekaterinburg | Victor M. Chagin, 3d year student, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg



Рис. 1. «Сухой порт Екатеринбург» — стратегически важный перекресток, меняющий мировую транспортно-логистическую архитектуру

Сухие порты как инструмент достижения транспортного суверенитета России

Поставленная Президентом России В. В. Путиным задача по достижению технологического суверенитета страны не может быть решена в полном объеме без обеспечения суверенитета транспортного. А достичь транспортного суверенитета можно с помощью диверсификации инфраструктурных проектов, которые в итоге станут основой новой транспортно-логистической архитектуры России. Одним из таких инфраструктурных проектов является проект «Сухой порт Екатеринбург». Его актуальность подтверждается не только переориентацией транспортных потоков в нашей стране и во всём мире, но и значительным ростом грузоперевозок в центре России и прежде всего на Урале. Согласно Транспортной стратегии РФ до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года [1], рост объемов грузоперевозок к 2036 г. составит около 70 % (к уровню 2018 г.).

Современная политическая ситуация вынуждает перенаправлять грузопотоки РФ на восток, в том числе и через Екатеринбург. На фоне перераспределения экспортных потоков транспортная инфраструктура Дальнего Востока испытывает огромную нагрузку [2]. Не менее

сложная ситуация и на Урале. Для возросшего грузопотока не хватает мощностей. Рост экспортно-импортных перевозок ограничен возможностями транспортной инфраструктуры. Необходимы дополнительные пути доставки грузов [3].

25 ноября 2023 г., презентуя глобальную инициативу в сфере транспорта и логистики на полях выставки «Россия» в рамках Дня Свердловской области, губернатор Евгений Куйвашев отметил, что формирование новых транспортных коридоров является приоритетной задачей, главным локомотивом роста для всей страны [4]. А международный транспортный коридор «Север — Юг» должен работать на значительно более широком пространстве от Каспийского моря до Северного морского пути (СМП). В связи с этим проект «Сухой порт Екатеринбург» — стратегически важная перспектива развития, обеспечивающая выход грузопотоков к глубоководным портам Сабетта и Тамбей Северного морского пути (рис. 1).

Таким образом, проект «Сухой порт», реализуемый в Свердловской области, обеспечит выход Северного широтного хода и Транссибирской магистрали к Каспийскому морю, с одной стороны, и к Северному морскому пути — с другой, что позволит создать двухсторонний транзит грузов с Индией, Ираном, Пакистаном. Проект станет важным шагом на пути к транспортному суверенитету России.

Сухой порт: понятие и преимущества развития проекта в Уральском регионе

В статье 1 Межправительственного соглашения о сухих портах приведено следующее определение понятия «сухой порт»: «место внутри территории страны с логистическим центром, соединенным с одним или более видами транспорта, предназначенное для обработки, временного хранения и предусматриваемого законом осмотра грузов, перевозимых в процессе международной торговли, и совершения применимых таможенных контрольных функций и формальностей» [5]. По состоянию на 18 ноября 2020 г. сторонами по настоящему соглашению стали 16 государств — членов ЭСКАТО, среди которых Россия, Азербайджан, Казахстан, Туркмения, Иран, Индия и др. [6].

Правительством Свердловской области и Министерством экономического и территориального развития Свердловской области в последние годы проведено огромное количество рабочих встреч с представителями науки и бизнес-сообщества по вопросам организации проекта «Сухой порт Екатеринбург». В результате обсуждений сделан вывод, что сухой порт — это не просто отдельный терминал, а масштабный транспортно-складской инфраструктурный проект региона, опирающийся на комплексный подход, где его участники объединяют и регионы, и бизнес в единый процесс. Сухой порт представляет собой сложную партнерскую сеть, включающую в себя органы власти, терминалы, судоходные линии, автотранспортные и логистические компании, а также поставщиков услуг по хранению товаров вне территории порта [7]. Такой концепт позволяет более точно планировать развитие территории в рамках проекта «Сухой порт Екатеринбург». При этом у проекта есть и собственный потенциал. Выгодное географическое положение региона, наличие на территории транспортно-логистического узла и развитая производственная база создают предпосылки для того, чтобы Урал (и в частности Екатеринбург) стал крупным международным хабом. Полпред Президента РФ в Уральском федеральном округе Владимир Якушев подчеркнул, что проект «Сухой порт» Свердловской области выгодно выделяется на общем фоне, поскольку находится в центре уральского транспортного каркаса [8].

Проект «Сухой порт Екатеринбург» комплексно опирается и на наличие грузовой базы, и на стабильные объемы перевозок, и на наличие транспортного узла, т.е. обладает всем необходимым для изменения транспортно-логистической архитектуры не только Уральского региона, но и всего транспортного пространства России.

Потенциал Большого Урала, Свердловской области и Екатеринбурга в инфраструктурных проектах России

На Урале сконцентрированы крупнейшие агломерации, лежащие вблизи Транссибирской магистрали. Здесь, на границе Европы и Азии, соединились индустриальное и природно-ресурсное пространства России, сложилась наибольшая плотность производительных сил. Поэтому коридор «Север — Юг» формируется вдоль всего Урала. Кроме того, Большой Урал граничит и с Казахстаном, обеспечивая выход через него на страны Востока и Юга. Таким образом, Урал, Свердловская область и Екатеринбург становятся важным перекрестком транспортных коридоров, которые могут быть продлены вплоть до Северного морского пути. А при усилении железнодорожных подходов к универсальным портам СМП именно Урало-Арктическое пространство может стать приоритетным выходом в Арктику и улучшить транспортную независимость России [9].

Освоение Уральского сектора Арктики выравнивает транспортные потоки на магистралях меридионального направления, а в долгосрочной системной задаче позволит от железнодорожной сети с преимущественно древовидной конфигурацией (односвязной сети) перейти к большой «транспортной решетке» (многосвязной сети) [10], обеспечив транспортный суверенитет Российской Федерации. И проект «Сухой порт Екатеринбург» занимает в этой стратегии важное место.

Свердловская область — регион с более высоким темпом роста по сравнению с другими территориями страны. Индекс промышленности здесь составляет 112 %, что значительно выше, чем в среднем по стране [11]. Конкурентные преимущества Свердловской области отражают следующие показатели:

- ВРП — 3038 млрд руб. (9-е место в России);
- население — 4239 тыс. человек (5-е место в России);
- промышленное производство — 3266 млрд руб. (7-е место в России);
- грузооборот ж.-д. станций — 125 млн т (5-е место в России).

Безусловно, это доказывает, что Большой Урал, Свердловская область и Екатеринбург как столица региона имеют потенциал для развития инфраструктурных проектов России.



Рис. 2. Презентация проекта «Сухой порт Екатеринбург» на выставках и форумах РФ

Проект «Сухой порт Екатеринбург» — важное звено масштабного проекта «Север — Юг»

По статистике поисковой системы «Яндекс», в 2022–2023 гг. из общего числа запросов «сухой порт» самым частым является «сухой порт Находка» и «сухой порт Екатеринбург». И действительно, проект для Свердловской области стал ключевым в 2023 г. Об этом свидетельствует его широкое представление на разных форум-площадках Екатеринбурга и Москвы: «Иннолог-2023», «Иннопром-2023», Translogistica Ural 2023, «Города России 2030» (рис. 2). В рамках Дня Свердловской области на международном форуме-выставке «Россия» в Москве 25 ноября 2023 г. презентация проекта «Стратегический инфраструктурный проект «Сухой порт» завершила представление регионов Уральского федерального округа [12].

Несмотря на широкую презентацию, на данном этапе проект проработан не полностью. Проект «Сухой порт»

может служить отправной точкой для формирования стратегии развития Урало-Арктического пространства в качестве основы транспортного суверенитета России (формирование стратегической «решетки» железнодорожной транспортной сети). Однако для этого необходимо согласованное взаимодействие региональных властей, стратегий и программ. Существующие институты управления работают обособленно и узконаправленно. Разные бизнес-игроки зачастую запускают параллельные проекты, рассчитанные на одни и те же грузовые потоки. Для консолидации требуется системный подход надрегионального уровня*.

Понимая, что «Сухой порт Екатеринбург» может быть частью более масштабного проекта «Север — Юг», необходимо учесть, что существующий международный транспортный коридор «Север — Юг» уже включает три маршрута:

1. Западный (через Азербайджан и Иран).
2. Восточный (через Казахстан, Туркменистан и Иран).
3. Транскаспийский (через Каспийское море морским и речным транспортом по Волге).

*Журавская М. А., Петров М. Б., Тушин Н. А. Урало-Арктическое пространство как основа транспортного суверенитета России. Проект на конкурс РФ «Сильные идеи для нового времени», 2024 г. <https://идея.росконгресс.рф>.

Характеристика «причалов» сухого порта Екатеринбург

Логистические центры («причалы»)	Площадь, га	Объем работ, млн т	Этапы реализации
Контейнерный терминал «СиАйТи»	8,5	4,3	Действующий
Грузовой двор «Гипсовая»	53	1,5	Действующий
ОЭЗ «Титановая долина»	298,1	0,5	Действующий
ТЛЦ «Уральский»	131	17	Введена первая очередь
ТЛЦ «Екатеринбург»	211	10	Планируется ввод в 2027 г.
Контейнерный терминал «Модуль»	1,42	0,04	Действующий

Тем не менее в условиях глобальной транспортно-логистической трансформации этого недостаточно. Необходимо развивать коридор «Север — Юг» на всей территории нашей страны. И наиболее эффективно начать это именно с Уральского региона, но нужна организационно-политическая поддержка со стороны Администрации Президента РФ и информационно-организационное содействие профильных министерств.

Урал способен реализовать перечисленные проекты, поскольку здесь созданы все условия для развития и функционирования логистической инфраструктуры:

- развита сеть железных дорог;
- идет активное строительство и реконструкция автодорог;
- сосредоточено производство «транспортного» металла;
- гарантированно обеспечивается доставка грузов до морского порта за 12 дней и др.

В Екатеринбурге действует мощный железнодорожный узел, расположенный на перекрестке транспортных коридоров «Запад — Восток» и «Север — Юг», работает ряд крупных логистических центров (табл. 1). Контейнерооборот станций региона за 5 лет вырос на 73 %.

Совокупная заявленная мощность действующих терминалов в одном только Екатеринбурге составляет более 1 млн ДФЭ в год. Этой мощности хватит, чтобы справиться с увеличением контейнерных перевозок, ежегодный рост которых на Свердловской железной дороге составляет 12–15 %. По прогнозам, объем перевозок контейнеров ДФЭ к 2030 г. вырастет более чем в 2 раза по сравнению с 2020 г.** Однако при имеющихся мощностях «причалов» порта необходим выход на север, причем для всех грузов.

**Вяткин М. В. Векторы развития железнодорожных перевозок в современных условиях переориентирования грузопотоков и освоения новых рынков сбыта. Доклад на выставке-форуме Translogistica Ural 2023, Екатеринбург, 17–19 октября 2023 г.

***Туранов Э. Л. Таможенная логистика в международных условиях. Урал в системе международных коридоров. Доклад на выставке-форуме Translogistica Ural 2023, Екатеринбург, 17–19 октября 2023 г.

Стабильный грузопоток Уральского региона проиллюстрируем статистикой Федеральной таможенной службы. По данным ФТС России, товаропотоки в 2023 г. распределились по направлениям с учетом глобального изменения цепей поставок (рис. 3, 4)***.

Очевидно, что основная масса грузовых перевозок сосредоточена на восточном и южном направлениях. Чтобы усовершенствовать транспортно-логистическую архитектуру России, необходимы дополнительные пути, особенно от Урала в сторону Севера.

Эффекты от реализации проекта

Общий объем инвестиций в проект предварительно оценивается в 1,5 трлн руб. Планируется, что бюджет будет получать до 100 млрд руб. в год дополнительных доходов. Среднегодовой темп роста ВРП в 2023–2036 гг. по целевому сценарию у соседей Свердловской области составит 2–3 % от года к году, в самой же Свердловской области этот показатель достигнет 3–4 % от года к году.

Среднегодовой рост экономик Уральского федерального округа, Республики Башкортостан, Пермского края, Оренбургской и Омской областей до 2036 г. составит 2,8 % ежегодно и по целевому сценарию при долгосрочном прогнозе роста экономики России будет на уровне 1,5 %.

В результате Свердловская область увеличит свою инвестиционную привлекательность и, как следствие, продолжит реализацию проекта комплексного освоения территории России.

Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте

М. А. Журавская, В. М. Чагин | Сухой порт Екатеринбург — основа новой транспортно-логистической архитектуры Российской Федерации

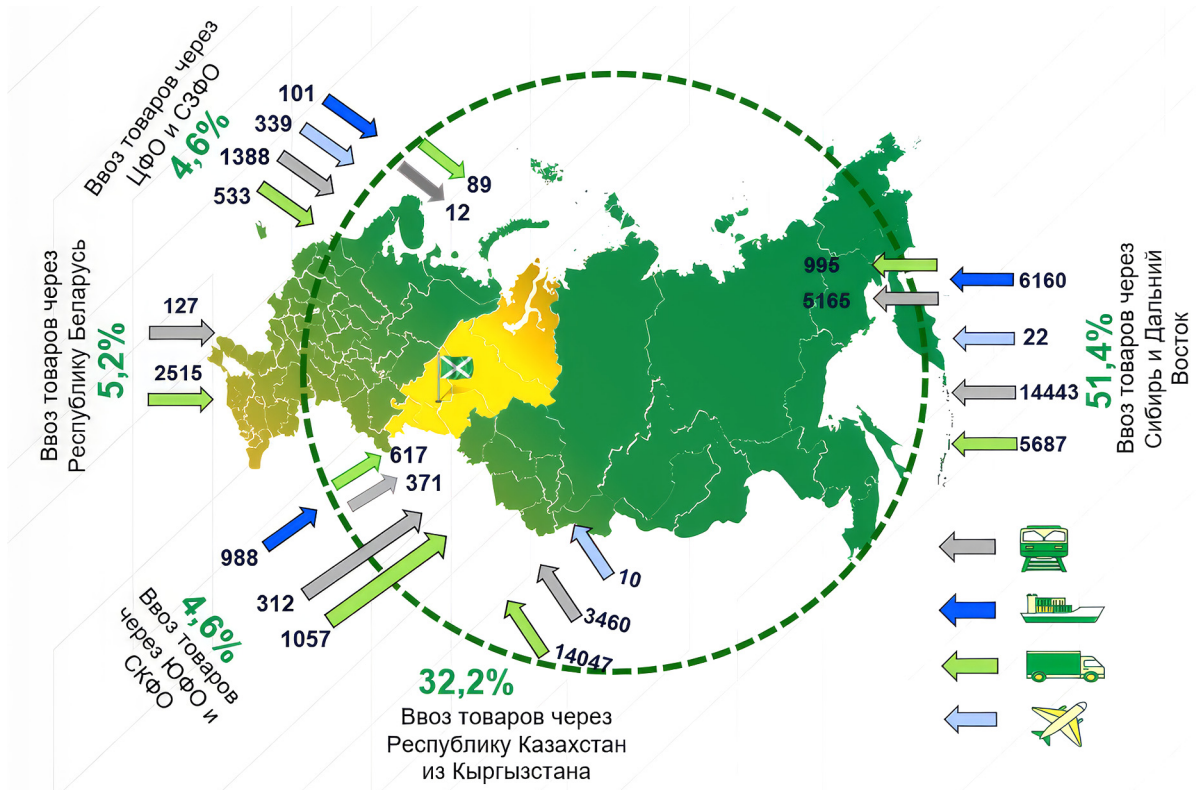


Рис. 3. Движение товарных партий в Уральский регион (по итогам 9 месяцев 2023 г., млн т)

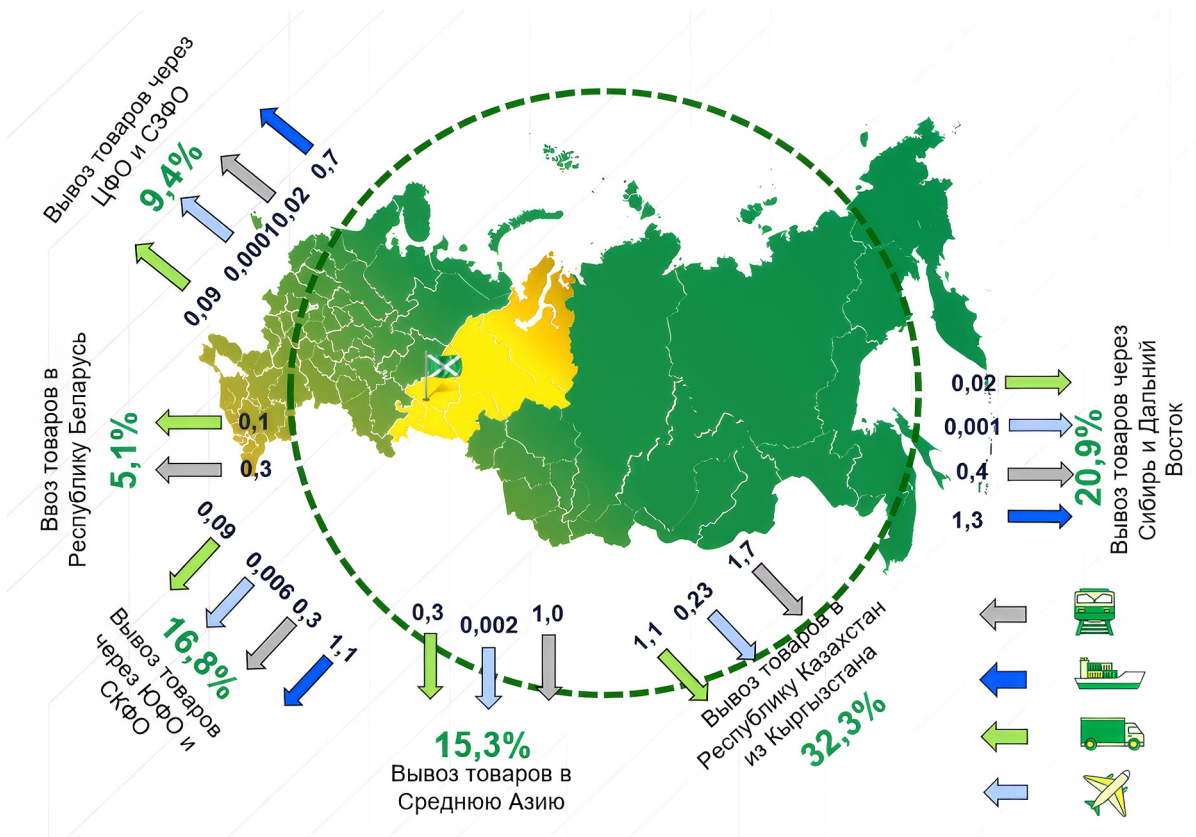


Рис. 4. Движение товарных партий из Уральского региона (по итогам 9 месяцев 2023 г., млн т)

Выводы

Сухой порт Екатеринбург — это не просто единственный складской терминал или логистический центр, как, например, ТЛЦ «Уральский», а комплексный инфраструктурный проект региона в виде географического объединения независимых компаний и предприятий, занимающихся грузовыми перевозками. Проект нецелесообразно рассматривать в отрыве от других инфраструктурных

инициатив большего масштаба, например, таких как МТК «Север — Юг», «Урало-Арктическое пространство как основа транспортного суверенитета России» и др. На данном этапе требуется более полная концептуальная проработка идеи и поддержка на федеральном уровне. А для успешной реализации проекта «Сухой порт Екатеринбург» есть всё необходимое: удобное географическое расположение, экономический потенциал и высокие темпы роста Уральского региона, развитая транспортная инфраструктура. **ИТ**

Список литературы

1. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года // Министерство транспорта РФ : официальный сайт. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11577>.
2. Туровский Р., Шамсутдинова Е. Ж/д перевозки в восточном направлении — высокий спрос и перегруженность // Промышленник Сибири. 2023. № 2. С. 70–75. URL: <https://prom-siberia.ru/tag/zhurnal-promyshlennik-sibiri-2-2023>.
3. Порунова Е. «Сухой порт» свяжет четыре крупных города и станет воротами на восток // Официальный портал Екатеринбург РФ. URL: <https://xn-80acgfbsl1azdqr.xn-p1ai/news/92823-sukhoy-port-svyazhet-chetyre-krupnykh-goroda-i-stanet-vorotami-na-vostok#photo=32161913be60b8616ff1c7762e6fbb05>.
4. Евгений Куйвашев отметил стратегическое значение мегапроекта «Сухой порт» в условиях формирования новых транспортных коридоров в России // Официальный сайт Правительства Свердловской области. URL: <https://midural.ru/news/akcent/document235340>.
5. Межправительственное соглашение о «сухих портах» // Министерство транспорта РФ : официальный сайт. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/10807>.
6. Константинов П. В., Вдовина Д. Е. Технология работы сухих портов // Молодой ученый. 2023. № 5 (452). С. 29–31. URL: <https://moluch.ru/archive/452/99773/> (дата обращения: 08.02.2024).
7. Гашкова Л. В., Морозова О. Ю. Сухой порт: концептуальный обзор // Инновационный транспорт. 2022. № 4 (46). С. 8–13. ISSN 2311-164X.
8. Якушев В. Урал — медицинский и транспортный центр России // Официальный сайт полномочного представителя Президента Российской Федерации в Уральском федеральном округе. URL: <http://uralfo.gov.ru/press/events/6391>.
9. Лаврикова Ю. Г., Петров М. Б. Большие транспортные проекты Уральской Арктики как фактор обеспечения связанности арктического пространства // II Лавёровские чтения. Арктика: актуальные проблемы и вызовы : сборник научных материалов Всероссийской конференции с международным участием. Архангельск, 2023. С. 687–690.
10. Петров М. Б., Тарасян В. С., Журавская М. А. Моделирование оптимальной сети железных дорог с учетом развития транспортно-логистической системы региона // Экономика Региона. 2013. № 4 (36). С. 181–189.
11. Росстат назвал регионы с самым быстрым ростом производства в 2023 году // РБК : сетевое издание. URL: <https://www.rbc.ru/economics/06/02/2024/65c0cb749a79475bc69d20e6>.
12. На выставке «Россия» презентовали проект «Сухого порта» в Екатеринбурге // Информационное агентство ТАСС. URL: <https://tass.ru/ekonomika/19379123> (дата обращения: 01.01.2024).

References

1. Transport strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035 // Ministry of Transport of the Russian Federation: official website. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11577>.
2. Turovsky R., Shamsutdinova E. Railway transportation in the eastern direction — high demand and congestion // Industrialist of Siberia. 2023. No. 2. P. 70–75. URL: <https://prom-siberia.ru/tag/zhurnal-promyshlennik-sibiri-2-2023>.
3. Porunova E. «Dry port» will connect four major cities and become a gateway to the east // Official portal Yekaterinburg of the Russian Federation. URL: <https://xn-80acgfbsl1azdqr.xn-p1ai/news/92823-sukhoy-port-svyazhet-chetyre-krupnykh-goroda-i-stanet-vorotami-na-vostok#photo=32161913be60b8616ff1c7762e6fbb05>.
4. Evgeny Kuyvashev noted the strategic importance of the Dry Port megaproject in the context of the formation of new transport corridors in Russia // Official website of the Government of the Sverdlovsk region. URL: <https://midural.ru/news/akcent/document235340>.
5. Intergovernmental agreement on «dry ports» // Ministry of Transport of the Russian Federation : official website. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/10807>.
6. Konstantinov P. V., Vdovina D. E. Technology of operation of dry ports // Young scientist. 2023. No. 5 (452). P. 29–31. URL: <https://moluch.ru/archive/452/99773/> (accessed: 02/08/2024).
7. Gashkova L. V., Morozova O. Yu. Dry port: a conceptual review // Innotrans. 2022. No. 4 (46). P. 8–13. ISSN 2311-164X.
8. Yakushev V. Ural — medical and transport center of Russia // Official website of the Plenipotentiary Representative of the President of the Russian Federation in the Ural Federal District. URL: <http://uralfo.gov.ru/press/events/6391>.
9. Lavrikova Yu. G., Petrov M. B. Large transport projects of the Ural Arctic as a factor in ensuring connectivity of the Arctic space // II Laverov readings. The Arctic: current problems and challenges : a collection of scientific materials of the All-Russian conference with international participation. Arkhangelsk, 2023. P. 687–690.
10. Petrov M. B., Tarasyan V. S., Zhuravskaya M. A. Modeling of an optimal railway network taking into account the development of the transport and logistics system of the region // The Economy Of The Region. 2013. No. 4 (36). P. 181–189.
11. Rosstat named the regions with the fastest production growth in 2023 // RBC : online edition. URL: <https://www.rbc.ru/economics/06/02/2024/65c0cb749a79475bc69d20e6>.
12. The project of the «Dry Port» in Yekaterinburg was presented at the exhibition «Russia» // TASS News Agency. URL: <https://tass.ru/ekonomika/19379123> (accessed: 01.01.2024).



**Андрей Евгеньевич
Калашников**

Andrey E. Kalashnikov



**Инна Леонидовна
Парахненко**

Inna L. Parakhnenko

Инновационные решения в области цифровой железной дороги

Innovations in the field of digital railways

Аннотация

В статье дан обзор современных цифровых технологий, которые внедряются для оптимизации работы железнодорожного комплекса: облачное хранение, большие данные, интернет вещей, искусственный интеллект, блокчейн. Особое внимание уделяется преимуществам и особенностям, связанным с цифровой железной дорогой, а также рассматриваются практические примеры успешной реализации проектов на российских железных дорогах и в зарубежных странах. Выделены возможные проблемы, связанные с внедрением новых цифровых систем в существующую ИТ-инфраструктуру, адаптацией персонала и кибербезопасностью.

Ключевые слова: инновации, цифровая железная дорога, Индустрия 4.0, технологии облачного хранения, Big Data, интернет вещей, искусственный интеллект, блокчейн, ОАО «РЖД».

Abstract

The article has an overview of modern digital technologies that are introduced to optimize the operation of the railway complex: cloud storage, big data, Internet of things, artificial intelligence, blockchain. The authors pay attention to the advantages and peculiarities of digital railways, give practical examples of successful projects on Russian and foreign railways. Potential problems related to the introduction of new digital systems into existing IT infrastructure, adaptation of personnel and cybersecurity are highlighted.

Keywords: innovations, digital railways, Industry 4.0, cloud storage, Big Data, Internet of Things, artificial intelligence, blockchain, JSC "Russian Railways".

Авторы Authors

Андрей Евгеньевич Калашников, аспирант, Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Инна Леонидовна Парахненко**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Путь и железнодорожное строительство», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: iparahnenko@usurt.ru

Andrey E. Kalashnikov, post-graduate student, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg | **Inna L. Parakhnenko**, PhD in Technical science, associate professor chair "Track and Railways Construction", Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: iparahnenko@usurt.ru

В настоящее время Россия находится в эпохе четвертой промышленной революции, известной как «Индустрия 4.0», особенность которой заключается в подходе к производству, основанном на автоматизации бизнес-процессов, использовании искусственного интеллекта и широком внедрении цифровых технологий в промышленности и на транспорте. В условиях ускоренного темпа глобальных изменений и перехода к цифровизации развитие железной дороги становится приоритетным направлением для обеспечения стабильности и эффективности транспортных систем.

Постоянно растущий спрос на железнодорожные перевозки требует повышения мощности системы. Расширение мощности железнодорожной инфраструктуры с использованием традиционных методов строительства ограничено, поэтому оптимальным вариантом является комплексное решение, которое включает в себя внедрение цифровых технологий наряду с использованием принятых подходов. Оно представляет собой экономически эффективный способ получения дополнительной пропускной способности в существующей сети, что было успешно продемонстрировано на примере лондонского метрополитена (проект Crossrail) [1].

В последние годы Правительство России приняло ряд инициатив и программ, направленных на поддержку цифровизации. Так, для достижения целей, установленных в Указе Президента РФ от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года», ОАО «РЖД» осуществляет инновационное развитие в соответствии с приоритетами, установленными долгосрочной программой развития (ДПР) и стратегией научно-технологического развития холдинга до 2025 года, при этом учитываются цели развития страны и тенденции глобального технико-технологического прогресса [2]. Цифровая трансформация ОАО «РЖД» базируется на технологиях облачного хранения, больших данных (Big Data), интернете вещей, алгоритмах искусственного интеллекта и блокчейне. Эти технологии являются прогрессивными, что доказывается зарубежным опытом их применения.

Основой внедрения цифровых технологий в работу железной дороги является автоматизация производства, включающая интеллектуальную и информационную интеграцию подвижного состава, систем управления движением, технических средств пользователей и инфраструктуры, т.е. возникает необходимость создания системы взаимосвязанных цифровых технологий, охватывающих все компоненты перевозочного процесса [3]. За рубежом развивается общеевропейская система управления движением поездов ERTMS (European Rail Traffic Management System), которая предназначена для обеспечения безопасного интервала между поездами, следующими в попутном направлении. Она основывается на определении точного местоположения поезда, расчетах расстояния между составами и кривой тор-

можения, сопоставлении данных о маршруте с техническими характеристиками поезда, контроле скорости на определенных участках [4].

Технология облачного хранения (или облачные вычисления) представляет собой модель предоставления различных информационных технологий через интернет. В рамках этой модели данные хранятся, обрабатываются и управляются на удаленных серверах, что снижает расходы на содержание и обновление локальных серверов. На железных дорогах такая технология используется для централизованного хранения и обработки данных, предоставляя доступ к информации из различных точек сети. Это позволяет улучшить эффективность управления и обеспечить быстрый доступ к необходимой информации: расписанию поездов, сведениям о пассажирах, техническим данным об инфраструктуре и т.д. Например, благодаря возможности быстрого масштабирования облачных хранилищ, в ОАО «РЖД» смогли оперативно наладить работу удаленных сотрудников во время пандемии COVID-19 [5].

Помимо хранения информации в облачных сервисах, увеличение объема цифровых данных требует более частого использования *технологии Big Data* [6] и проведения анализа информации. Big Data представляет собой информационно-программную платформу, внутри которой проводится анализ и систематическое извлечение информации из массивных и сложных наборов данных, постоянно поступающих от различных источников. Это особенно важно при обработке наборов данных, которые слишком велики или сложны для традиционных программ. Данная технология обеспечивает сокращение расходов (времени, финансов и других ресурсов), упрощает разработку новых продуктов, оптимизацию предложений и способность принимать обоснованные решения на основе множества взаимосвязанных параметров в различных ситуациях. Применение концепции Big Data в сфере железнодорожного транспорта — это относительно новое явление, которое началось в Европе и США с 2016 г. Исследователь А. Thaduri [7] представил данные, демонстрирующие успешное применение технологии в качестве инструмента моделирования и прогнозирования ситуаций в различных городах и странах мира. В Турции данная технология протестирована и интегрирована в автоматизированную систему сбора тарифов и ценообразования. В Лондоне Big Data использовали для определения наилучших стратегий повышения эффективности мультимодальной транспортной системы, учитывая различные виды транспорта, использующие одни и те же маршруты. В ОАО «РЖД» разработаны аналитические модели, основанные на технических параметрах, что способствовало внедрению концепции предиктивного технического обслуживания подвижного состава [6]. Именно с помощью Big Data можно обрабатывать источники всех данных, снижая барьеры в их управлении.

Интернет вещей (IoT) — это сеть физических устройств, оборудованных сенсорами, программным обеспечением и сетевым подключением для обмена данными. Взаимодействие между устройствами и сбор данных позволяют создавать автоматизированные системы управления, мониторинга, аналитики и оптимизации процесса. На железнодорожном транспорте данная технология реализуется для автоматического сбора первичной информации о состоянии процесса перевозок. С помощью интернета вещей выполняется мониторинг текущего состояния систем сигнализации, централизации и блокировки, технического состояния подвижного состава, контролируются скорость движения, вес и местоположение поездов [8].

Искусственный интеллект (ИИ) — важный элемент цифровой железной дороги, представляющий собой совокупность технологий, процессов, алгоритмов и программных систем, которые способны выполнять задачи различной сложности подобно человеку. В научных исследованиях большое внимание уделено разработке искусственного интеллекта для диагностики и обслуживания железнодорожных систем и технических устройств. Основные области работы железнодорожной системы, имеющие потенциал для применения ИИ, изображены на рис. 1.

Примером внедрения ИИ в ОАО «РЖД» является успешное тестирование и планируемый запуск на Московском центральном кольце (МЦК) беспилотных электропоездов к 2024 г. В поездах установлено интегрированное программно-аппаратное решение Cognitive Rail Pilot [10], которое основано на использовании компьютерного зрения для идентификации объектов на железнодорожных путях, таких как другие поезда, стрелки, люди, светофоры и т.д. С помощью алгоритмов искусственного интеллекта система способна анализировать ситуацию, предупреждать машиниста о возможных опасностях и при-



Рис. 1. Основные области применения ИИ в железнодорожной системе [9]

нимать необходимые решения. При этом существует пять уровней автоматизации управления движением поездов [11]. Говорить о полноценном функционировании системы автоведения на уровне автоматизации GOA4 еще рано, поскольку поведение данного процесса исследовано недостаточно.

Блокчейн — инновационная технология, которая создает неизменяемый реестр, где каждая транзакция или событие записывается с использованием криптографии, что исключает возможность подделки данных. Некоторые страны, в том числе и Россия, уже успешно внедряют блокчейн в своей железнодорожной системе [12]: управление активами и цепочками поставок, смарт-контракты, продажа билетов и платежи, обмен данными, формирование графиков и расписаний движения поездов, сертифика-

ция грузов. В ОАО «РЖД» совместно с компаниями «Мечел-Сталь», «Евраз ЗСМК», «РСР-М» разрабатывается общая информационная среда для участников жизненного цикла рельсов с целью обеспечения хранения актуальной информации о характеристиках и состоянии активов. На Октябрьской железной дороге реализован пилотный проект, который предполагает внедрение смарт-контракта для автоматизации договорного сопровождения транспортно-логистической деятельности. Это позволяет исключить человеческий фактор, обеспечивая автоматическое исполнение контракта при выполнении всех условий, таких как перевозка груза и перечисление денег. Данный подход способствует объективным оценкам качества и более эффективному распределению ответственности между участниками сделки [13].

Все перечисленные цифровые технологии работают в комплексе, например, современные системы оформления билетов, в которые интегрирован искусственный интеллект, могут быстро загружать информацию о пассажирах из базы данных, размещенной в облачных хранилищах. Блокчейн применяется для управления обменом информацией в сложных бизнес-процессах, особенно там, где требуется передача и обработка данных между различными организациями, что позволяет собирать большие объемы данных (Big Data) из различных источников с разной структурой, обеспечивая надежность и сохранность при выгрузке.

Кроме множества преимуществ, цифровизация железнодорожных систем не исключает и некоторые трудности. Подразделения применяют различные системы и цифровые инструменты в своей области, что нередко вызывает сложности. Мониторинг и переключение между этими системами для выполнения отдельных операций создают дополнительную нагрузку на сотрудников и усложняют рабочий процесс. Данную проблему в рамках цифровой трансформации необходимо решать методом упрощения и оптимизации цифровых систем, что предполагает интеграцию существующих программ с новыми.

Новые программные инструменты подразумевают адаптацию персонала. Цифровая трансформация эффективна, когда человеческий опыт становится центром внимания во всех бизнес-процессах. Инвестиции в новые инструменты должны основываться на анализе потенциала сотрудников и их готовности обучаться, ведь полученный результат от внедрения цифровых технологий достигается лишь при четком осознании задач и подготовке коллектива. При различиях в интерфейсах, функциях и способах использования цифровых инструментов нельзя рассчитывать на то, что сотрудники самостоятельно смогут разобраться с новой программой. Обучение и постоянная поддержка — залог успешной цифровой трансформации. Необходимо предвидеть появление новых профессиональных ролей при очередной автоматизации, где технологии выступают в качестве дополне-

ния к труду человека, а не просто замещают его функции. Вместо сокращения рабочих мест инновационные инструменты должны привлекать людей и стимулировать изучение и использование цифровых технологий.

При увеличении количества цифровых устройств передачи данных возрастают риски взломов и кибератак. Защита от несанкционированного доступа к информации и финансам становится все более актуальной. В текущих обстоятельствах в России развитие суверенной IT-инфраструктуры имеет особое значение, особенно при работе с большими данными, учитывая угрозу национальной безопасности, связанную с зависимостью от зарубежных технологических платформ. В крупных компаниях, где обрабатываются и хранятся обширные объемы данных, важно использовать современные инновационные решения для безопасности и защиты при передаче. Таким решением являются квантовые коммуникации — инновационный метод безопасной передачи информации на большие расстояния. В этом году правительством была утверждена Концепция регулирования квантовых коммуникаций до 2030 года. Данная технология обеспечивает абсолютную защиту систем связи от взлома, неприкосновенность и достоверность передаваемой информации на основе физических принципов в отличие от текущих криптографических систем, основанных на математических алгоритмах.

Рассмотренные технологии, применяемые при цифровой трансформации железнодорожной отрасли, предоставляют огромные возможности для ее улучшения и развития. Проведенный обзор преимуществ и особенностей инновационных решений показывает, что для достижения желаемых результатов необходим комплексный подход, включающий тщательное планирование, обучение персонала и обеспечение безопасности данных. Примеры успешной реализации цифровых технологий в зарубежных странах и ОАО «РЖД» доказывают перспективность и потенциал внедряемых решений для улучшения технологических операций, снижения затрат, безопасности движения и повышения качества обслуживания. **IT**

Список литературы

1. Куприяновский В. П., Синягов С. А., Суконников Г. В., Федорова Н. О., Добрынин А. П., Намиот Д. Е., Ярцев Д. И. Новая парадигма цифровой железной дороги — стандартизация жизненного цикла активов // International Journal of Open Information Technologies. 2017. № 2. С. 64–84. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novaya-paradigma-tsifrovoy-zheleznoy-dorogi-standartizatsiya-zhiznennogo-tsikla-aktivov> (дата обращения: 27.02.2024).
2. Химич Т. М. Проблемы реализации проекта «Цифровая железная дорога» // Публично-правовые проблемы транспортного права : материалы Пятого между-

References

1. Kupriyanovsky V. P., Sinyagov S. A., Sukonnikov G. V., Fedorova N. O., Dobrynin A. P., Namiot D. E., Yartsev D. I. The new paradigm of the digital railway — standardization of the asset life cycle // International Journal of Open Information Technologies. 2017. No. 2. P. 64–84. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novaya-paradigma-tsifrovoy-zheleznoy-dorogi-standartizatsiya-zhiznennogo-tsikla-aktivov> (accessed: 02/27/2024).
2. Khimich T. M. Problems of the implementation of the Digital Railway project // Public law problems of transport law : materials of the Fifth International Transport

- народного транспортно-правового форума. М. : Российский университет транспорта, 2023. С. 223–228.
3. Хорошевич А. А. Цифровизация железной дороги // Новости науки и технологий. 2020. № 4 (55). С. 57–66. URL: <http://www.belisa.org.by/ru/izd/stnewsmag/2020-4>.
 4. Покусаев О. Н., Климов А. А., Куприяновский В. П., Морхат П. М., Намиот Д. Е. Цифровая железная дорога Европы — от ERTMS до искусственного интеллекта // International Journal of Open Information Technologies. 2019. № 7. С. 90–119. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-zheleznaya-doroga-evropy-ot-ertms-do-iskusstvennogo-intellekta> (дата обращения: 27.02.2024).
 5. Облачные сервисы // Сетевое издание «ЖелДор Цифровизация». URL: <https://rzddigital.ru/technology/oblachnye-servisy/> (дата обращения: 10.11.2023).
 6. Рабинович А. Е., Август А. В. Применение технологии Big Data в сфере железнодорожного сообщения // Оригинальные исследования. 2021. № 4. С. 155–161. ISSN 2222-0402.
 7. Thaduri A. Railway Assets: A Potential Domain for Big Data Analytics // Procedia Computer Science. 2015. Vol. 53. P. 457–467.
 8. Тамаркин В. М., Лобанова Т. Э. Технологии промышленного интернета вещей в рамках идеологии цифровой железной дороги // Наука и технологии железных дорог. 2017. Т. 1, № 2 (2). С. 76–84. ISSN 2587-5752.
 9. Козлов В. Я., Куликов А. А. Подходы к созданию интеллектуальных систем управления движением поездов // Экономика строительства. 2023. № 5. С. 34–38. ISSN 0131–7768.
 10. Дустмуродов А. Х. Применение беспилотных технических средств на инфраструктурных объектах железных дорог // Наука и образование: прошлое, настоящее и будущее : сборник статей III межвузовской студенческой конференции. Т. 1. Воронеж, 2021. С. 162–166.
 11. Авдиенко Е. Г., Третьяков Е. А. Обоснование функциональных возможностей системы автоведения электроподвижного состава при реализации беспилотных технологий на основе искусственного интеллекта // Молодая наука Сибири. 2022. № 2 (16). С. 55–62. ISSN 2658–610X.
 12. Акимов А. Е. Специфика внедрения технологии блокчейн на железнодорожном транспорте // Инновации и инвестиции. 2023. № 3. С. 314–317. ISSN 2307-180X.
 13. Блокчейн // Сетевое издание «ЖелДор Цифровизация». URL: <https://rzddigital.ru/technology/blokcheyn/> (дата обращения: 13.11.2023).
- and Legal Forum. Moscow : Russian University of Transport, 2023. P. 223–228.
3. Khoroshevich A. A. Digitalization of the railway // News of Science and Technology. 2020. No. 4 (55). P. 57–66. URL: <http://www.belisa.org.by/ru/izd/stnewsmag/2020-4>.
 4. Pokusaev O. N., Klimov A. A., Kupriyanovsky V. P., Morkhat P. M., Namiot D. E. The digital railway of Europe — from ERTMS to artificial intelligence // International Journal of Open Information Technologies. 2019. No. 7. P. 90–119. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-zheleznaya-doroga-evropy-ot-ertms-do-iskusstvennogo-intellekta> (accessed: 02/27/2024).
 5. Cloud services // Online publication «Zheldor Digitalization». URL: <https://rzddigital.ru/technology/oblachnye-servisy/> (accessed: 10.11.2023).
 6. Rabinovich A. E., August A. V. Application of Big Data technology in the field of railway communication // Original research. 2021. No. 4. P. 155–161. ISSN 2222-0402.
 7. Thaduri A. Railway Assets: A Potential Domain for Big Data Analytics // Procedia Computer Science. 2015. Vol. 53. P. 457–467.
 8. Tamarkin V. M., Lobanova T. E. Technologies of the industrial Internet of Things within the framework of the ideology of the digital railway // Science and technology of railways. 2017. Vol. 1, No. 2 (2). P. 76–84. ISSN 2587-5752.
 9. Kozlov V. Ya., Kulikov A. A. Approaches to the creation of intelligent train control systems // The economics of construction. 2023. No. 5. P. 34–38. ISSN 0131-7768.
 10. Dostmurodov A. H. The use of unmanned technical means on railway infrastructure facilities // Science and education: past, present and future : collection of articles of the III interuniversity student conference. Vol. 1. Voronezh, 2021. P. 162–166.
 11. Avdienko E. G., Tretyakov E. A. Substantiation of the functional capabilities of the electric rolling stock car driving system in the implementation of unmanned technologies based on artificial intelligence // Molodaya nauka Sibir. 2022. No. 2 (16). P. 55–62. ISSN 2658-610X.
 12. Akimov A. E. Specifics of the introduction of blockchain technology in railway transport // Innovations and investments. 2023. No. 3. P. 314–317. ISSN 2307-180X.
 13. Blockchain // Online publication «Zheldor Digitalization». URL: <https://rzddigital.ru/technology/blokcheyn/> (accessed: 11/13/2023).



Валерий Михайлович Самуйлов

Valerij M. Samujlov



Людмила Вячеславовна Гашкова

Lyudmila V. Gashkova



Максим Андреевич Серeda

Maksim A. Sereda



Алиса Андреевна Смердова

Alisa A. Smerdova

Международный транспортный коридор «Север — Юг» — ключевое звено в мировой экономике и логистике

The North–South International Transport Corridor as the key element in the global economy and logistics

Аннотация

В статье рассматриваются история и перспективы развития проекта международного транспортного коридора «Север — Юг», его влияние на экономику России, освещены основные проблемы создания данного проекта.

Ключевые слова: международный транспортный коридор «Север — Юг», меридиональный мультимодальный транспортный коридор, грузооборот, грузоперевозки.

Abstract

The paper concerns the history, prospects of the development of the North–South international transport corridor project, and its impact on the Russian economy, highlighting the main problems of creating the project.

Keywords: international transport corridor “North – South”, meridional multimodal transport corridor, cargo turnover, cargo transportation.

Авторы | Authors

Валерий Михайлович Самуйлов, д-р техн. наук, профессор, Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Людмила Вячеславовна Гашкова, канд. экон. наук, доцент, Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Максим Андреевич Серeda, студент, Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Алиса Андреевна Смердова, студент, Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Valerij M. Samujlov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg | Lyudmila V. Gashkova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg | Maksim A. Sereda, student, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg | Alisa A. Smerdova, student, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg

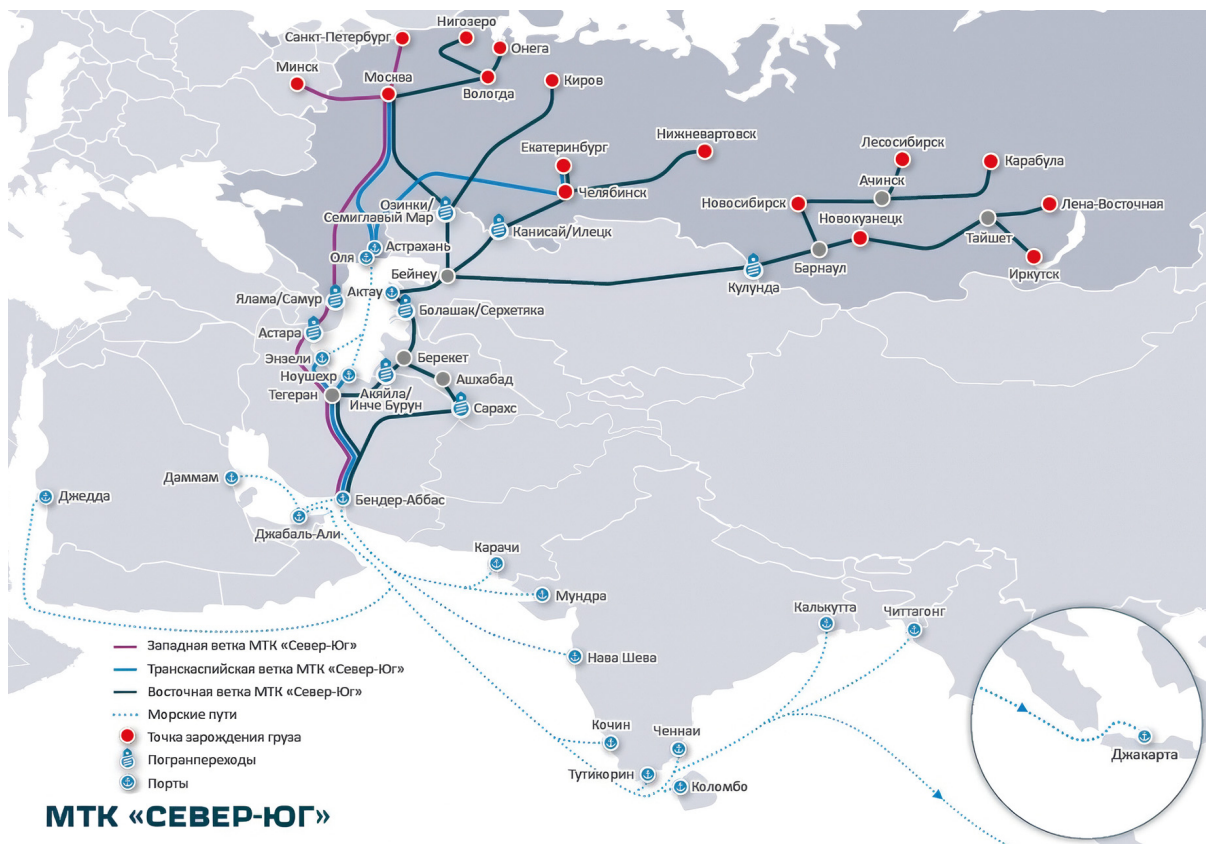


Рис. 1. Маршруты МТК «Север — Юг»*

Международный транспортный коридор (МТК) «Север — Юг» — это ключевой элемент мировой инфраструктуры, обеспечивающий эффективную транспортировку товаров и содействующий развитию экономических связей между различными регионами. Проект охватывает огромную территорию с развитой промышленной инфраструктурой. Особое внимание уделяется вопросам консолидации торгово-экономических отношений, гарантии технологической безопасности региона, формирования единого социально-экономического пространства между Россией и странами СНГ.

Меридиональный мультимодальный транспортный коридор «Север — Юг» проходит по территории России, Азербайджана, Казахстана, Туркменистана, Ирана и Индии и представляет собой сложную сеть транспортных маршрутов, соединяющих разные части материка и оказывающих значительное влияние на мировую экономику и геополитику (рис. 1). Коридор позволяет связать российские порты на Балтике и в Арктике с портами на побережье Персидского залива и Индийского океана [1].

Соглашение о создании МТК «Север — Юг» было подписано 12 декабря 2000 г. в ходе II Международной евроазиатской конференции по транспорту в г. Санкт-Петербурге Россией, Ираном и Индией и ратифици-

ровано Федеральным законом РФ № 24-ФЗ 12 марта 2002 г. [2]. Но с 2000-х гг. проект был буквально «заморожен», так как функционирование коридора требовало больших капиталовложений. Были ограничены вложения на электрификацию участка Гармсар — Инче — Бурун (ж.-д. соединение Ирана с Туркменистаном) и обновление парка локомотивов Ирана, а также на строительство железнодорожного маршрута Астара — Решт — Казвин.

В 2022–2023 гг. объем инвестиций в развитие МТК «Север — Юг» вырос, так как коридор стал одним из ключевых и безопасных способов вывода российского экспорта на рынки Ближнего Востока и Южной Азии.

В ближайшие годы Россия, Армения, Казахстан, Грузия, Азербайджан, Иран и Туркменистан будут направлять крупные инвестиции в развитие транспортной инфраструктуры МТК. Объем инвестиций составит 38,2 млрд долларов, из которых 10 млрд долларов пойдут на реализацию наиболее приоритетных проектов (рис. 2).

Возможности транспортно-логистической инфраструктуры МТК позволяют наращивать поставки грузов. По словам заместителя министра экономического развития России Дмитрия Вольвача, в I квартале 2023 г. объем перевозок по коридору «Север — Юг» вырос в два

*Иллюстрация с официального сайта АО «РЖД Логистика»: <https://rzdlog.ru/services/north-south-corridor>.

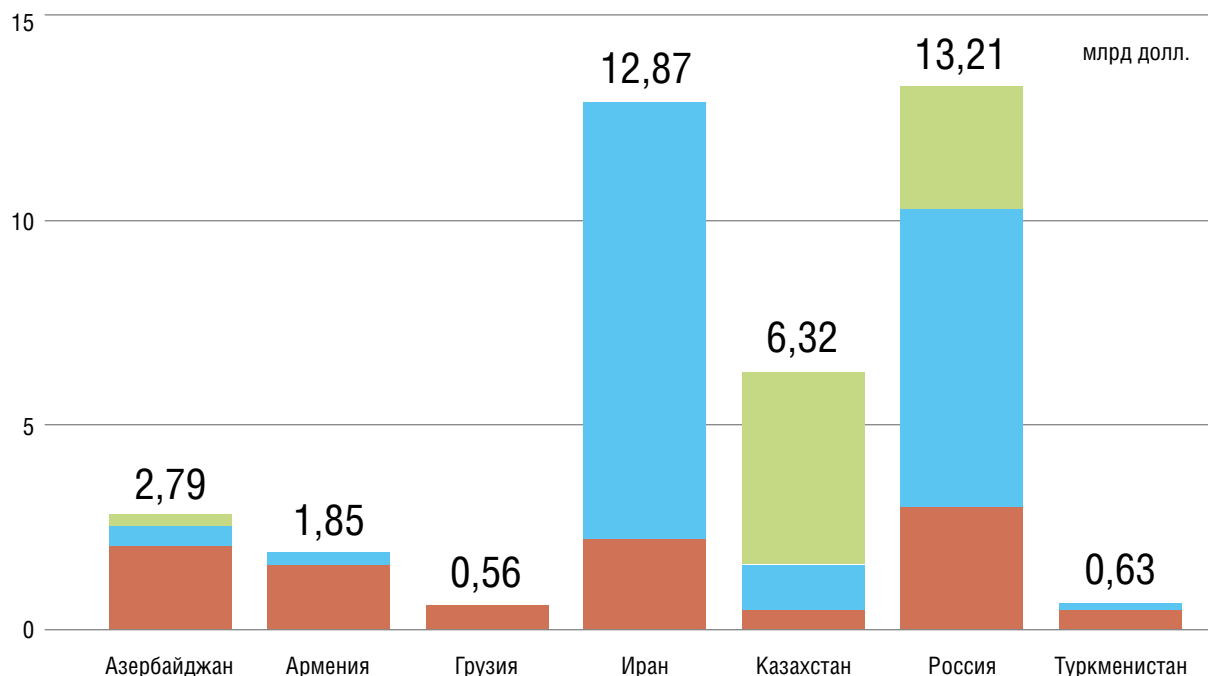


Рис. 2. Географическая структура инвестиционных проектов:
 ■ — приоритет 1; ■ — приоритет 2; ■ — приоритет 3

Таблица 1

Проблемы реализации проекта МТК «Север — Юг»

Проблема	Описание
Инфраструктурные ограничения	Устаревшая инфраструктура, которая не соответствует современным стандартам: плохие автомобильные и железные дороги, устаревшие водные пути. Обновление инфраструктуры требует больших инвестиций и времени
Транспортные заторы	На направлениях МТК часто возникают транспортные заторы, что приводит к задержкам и увеличению времени в пути. Это может быть связано с увеличением грузооборота, ограничением вместимости дорог, недостаточным управлением движением и недостаточной координацией между различными видами транспорта
Бюрократические барьеры	Пересечение границ и таможенные процедуры могут быть затруднительными, особенно если коридор проходит через несколько стран. Бюрократические барьеры (долгие оформительские процедуры и высокие таможенные пошлины) могут замедлять движение товаров и увеличивать затраты
Экологические проблемы	Развитие МТК часто сопровождается экологическими проблемами, такими как загрязнение воздуха и воды, разрушение природных экосистем и угроза для биоразнообразия. Необходимо искать устойчивые решения, чтобы минимизировать вред для окружающей среды

раза, достигнув 2,3 млн т. В два раза увеличилось количество поставок по Западному маршруту, по Транскаспийской части — в три раза, по Восточному маршруту — в 33 раза [3].

В декабре 2023 г. на юбилейном заседании Экономического совета стран Содружества Независимых Государств были рассмотрены основные аспекты экономического сотрудничества государств СНГ, в том числе

концепция по оптимизации инфраструктуры и развитию международных транспортных коридоров, проходящих по территориям государств ЕАЭС.

Выполнение плана мероприятий по развитию экономических отношений в рамках направления «Север — Юг» позволит решить ряд основных проблем (табл. 1), а также упрочить финансово-валютные и политические связи России и стран-участниц.

На VII Общероссийском форуме стратегического развития «Города России 2030: Новые рубежи» в Екатеринбурге начальник СвЖД Павел Бурцев представил актуальные тренды транспортной логистики Свердловской железной дороги за период с января по октябрь 2023 г. Одним из перспективных направлений, которое сегодня привлекает грузовладельцев, является МТК «Север — Юг», включающий в себя Западный, Транскаспийский и Восточный маршруты (рис. 3). Экспортные отправки по МТК также показывают положительную динамику: грузоперевозки в Азербайджан выросли на 8 %, в Грузию — на 61 %, в Иран — на 64 %, в Турцию — в 2 раза [4].

В России маршруты МТК «Север — Юг» активно осваивает АО «РЖД Логистика»** — номинированный от ОАО «РЖД» логистический оператор, располагающий действующими договорами с основными транспортно-логистическими компаниями стран — участников коридора (Казахстана, Туркменистана, Азербайджана, Ирана, РФ) [5].

В Москве 25 января 2024 г. состоялось заседание транспортного бизнес-диалога стран СНГ по расширению товарных потоков коридора «Север — Юг», на котором было отмечено, что транзитный грузопоток между государствами Каспийского бассейна, Персидского залива, Центральной и Юго-Восточной Азии в 2022 г. составил 14,5 млн т. Согласно прогнозу Минэкономразвития России, к концу 2023 г. объем грузопотока увеличится на 35 % по сравнению с 2022 г. и достигнет 19,5 млн т, а к 2030 г. он еще вырастет до 31,7 млн т [6].

Дальнейшее развитие МТК «Север — Юг» будет обусловлено рядом факторов. Во-первых, коридор значительно сокращает время и расходы на перевозку, делая его привлекательным для предприятий, участвующих в международной торговле. Во-вторых, страны-участницы активно сотрудничают в области развития инфраструктуры, что также способствует улучшению условий перевозки грузов. Кроме того, развитие маршрутов приведет к увеличению торговли между странами, что окажет положительное влияние на их экономику.

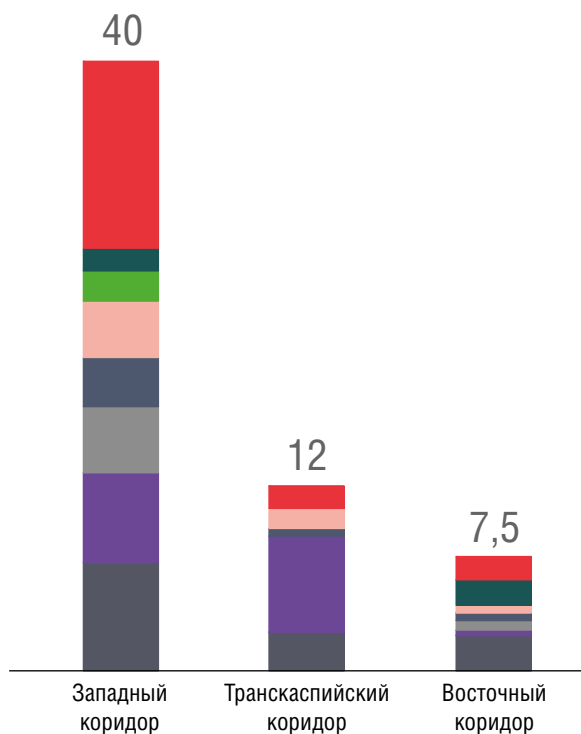


Рис. 3. Актуальные направления транспортной логистики по маршрутам МТК «Север — Юг» (млн т):
 ■ — продовольственные товары; ■ — зерно;
 ■ — нефть и нефтепродукты; ■ — черные металлы;
 ■ — древесина и целлюлозно-бумажные изделия;
 ■ — удобрения; ■ — уголь; ■ — прочие

Основными проблемами развития транспортного коридора «Север — Юг» являются тарифные, финансовые и административные препятствия, такие как отсутствие единой тарифной системы, сложности с финансированием и получением разрешения на перевозку. Для решения этих проблем нужно развивать зоны свободной торговли, создавать единую таможенно-тарифную систему и регулировать финансовые проблемы на межгосударственном уровне. Также необходимо внедрение цифровизации и развитие координации таможенных услуг [7]. **ИТ**

Список литературы

1. Самуйлов В. М., Середина М. А. Создание единого транспортно-логистического каркаса в России в рамках проекта «Один пояс, один путь» // Инновационный транспорт. 2023. № 4 (40). С. 15–20. ISSN 2311-164X.
2. Соглашение о международном транспортном коридоре «Север — Юг» // Кодекс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901828641> (дата обращения: 20.01.2024).

References

1. Samuilov V. M., Seredina M. A. Creation of a unified transport and logistics framework in Russia within the framework of the «One Belt, one Way» project // Innotrans. 2023. No. 4 (40). P. 15–20. ISSN 2311-164X.
2. Agreement on the North–South International Transport Corridor // Codex. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901828641> (accessed: 01/20/2024).

**АО «РЖД Логистика» — дочернее предприятие ОАО «РЖД», включающее в себя 13 филиалов, в том числе в г. Екатеринбурге.

3. В первом квартале 2023 г. удвоился объём перевозок по международному коридору «Север — Юг» // Министерство экономического развития Российской Федерации. URL: https://www.economy.gov.ru/material/news/v_pervom_kvartale_2023_g_udvoilsya_obyom_perevozok_po_mezhdunarodnomu_koridoru_sever_yug.html (дата обращения: 16.02.2024).
 4. На СвЖД грузоперевозки по маршрутам МТК «Север — Юг» выросли на 14 % // Коммерсантъ. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6348753> (дата обращения: 16.02.2024).
 5. Международный транспортный коридор «Север — Юг» // АО «РЖД Логистика». URL: <https://rzdlog.ru/services/north-south-corridor/> (дата обращения: 16.02.2024).
 6. В пользу регионов: как развитие МТК «Север-Юг» повлияет на экономику СКФО // Журнал РБК+Кавказ. URL: <https://kavkaz.rbc.ru/kavkaz/20/12/2023/6582b8749a7947d761641724>.
 7. Конторович А. А. Формирование и перспективы развития МТК «Север — Юг» // Экономические исследования и разработки. 2023. № 11. С. 42–54. eISSN 2542-0208. URL: <http://edrf.ru/article/19-11-23> (дата обращения: 16.02.2024).
3. In the first quarter of 2023, the volume of traffic along the international North–South corridor doubled // Ministry of Economic Development of the Russian Federation. URL: https://www.economy.gov.ru/material/news/v_pervom_kvartale_2023_g_udvoilsya_obyom_perevozok_po_mezhdunarodnomu_koridoru_sever_yug.html (accessed: 02/16/2024).
 4. Freight transportation on the routes of the North — South MTK increased by 14 % on the Russian Railways // Kommersant. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6348753> (accessed: 02/16/2024).
 5. International transport corridor «North — South» // JSC «Russian Railways Logistics». URL: <https://rzdlog.ru/services/north-south-corridor/> (accessed: 02/16/2024).
 6. In favor of the regions: how the development of the North-South MTK will affect the economy of the North Caucasus Federal District // RBC+Kavkaz Magazine. URL: <https://kavkaz.rbc.ru/kavkaz/20/12/2023/6582b8749a7947d761641724>
 7. Kontorovich A. A. Formation and prospects of development of the North–South ITC // Economic research and development. 2023. No. 11. P. 42–54. eISSN 2542-0208. URL: <http://edrf.ru/article/19-11-23> (accessed: 02/16/2024).



**Константин Леонидович
Костюченко**
Konstantin L. Kostyuchenko



**Данил Александрович
Фараносов**
Danil A. Faranoso

Беспилотные мобильные средства: инновации и угрозы

Unmanned mobile vehicles: innovations and threats

Аннотация

В статье представлена классификация беспилотных мобильных средств и наиболее массовой их разновидности — беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Описываются сферы применения БПЛА, рассматриваются угрозы, связанные с их террористическим и криминальным использованием, в том числе на объектах транспорта. Определены меры защиты от противоправного применения БПЛА.

Ключевые слова: беспилотные мобильные средства, беспилотный летательный аппарат, дрон, террористические угрозы, криминальные угрозы, угрозы безопасности информации, антидроновые системы безопасности.

Abstract

The paper presents the classification of unmanned mobile vehicles and their most widespread variety — unmanned aerial vehicles (UAVs). The scope of application of UAVs is described, as well as the threats associated with their terrorist and criminal use are considered. Measures of protection against illegal use of UAVs have been defined.

Keywords: unmanned mobile vehicles, unmanned aerial vehicle (UAV), drone, terrorist threats, criminal threats, threats to information security, anti-drone security systems.

Авторы Authors

Константин Леонидович Костюченко, канд. техн. наук, доцент кафедры «Информационные технологии и защита информации», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: kkost2@yandex.ru | **Данил Александрович Фараносов**, студент электромеханического факультета, Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: danil.faranosov@yandex.ru

Konstantin L. Kostyuchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Information Protection, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: kkost2@yandex.ru | **Danil A. Faranoso**, student of the Electromechanical Faculty, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: danil.faranosov@yandex.ru

Определенная часть инноваций на транспорте — это беспилотные мобильные средства (БМС). Данный вид средств в настоящее время активно развивается, надежно осваиваясь во всех средах функционирования (рис. 1) [1]. Наиболее широко, благодаря преимуществам воздушной среды, в этом сообществе представлены беспилотные летательные аппараты (БПЛА) — дроны.

Первые БПЛА появились в XIX в. Век спустя они стали активно использоваться военными: самолеты-мишени, летающие торпеды, реактивные беспилотные разведчики (крылатые ракеты) и иные дистанционно пилотируемые летательные аппараты [2]. Сегодня БПЛА имеют обширную классификацию, различные типы конструкций с соответствующими функциями и областями применения. Основным критерием технической классификации является принцип полета, поэтому БПЛА принято делить на следующие группы: аэростатического типа; с гибким крылом; с машущим крылом; с жестким крылом (самолетного типа); с вращающимся крылом (вертолетного типа), а также различные гибридные подгруппы (рис. 2).

В начале нынешнего века достижения науки (физики, электроники, энергетики), техники и технологий позволили определить некоторые тенденции в создании БПЛА:

- постоянно повышается энерговооруженность летательных аппаратов;
- миниатюризируются элементы конструкций;
- происходит универсализация компоновки дронов, появляются новые материалы и конструкционные решения;
- увеличивается время и дальность полетов при одновременном улучшении точности.

Эти тенденции обуславливают широту гражданского и военного применения БПЛА (рис. 3). В гражданской сфере: контроль различных объектов инфраструктуры (сооружения, дороги, ЛЭП, трубопроводы,

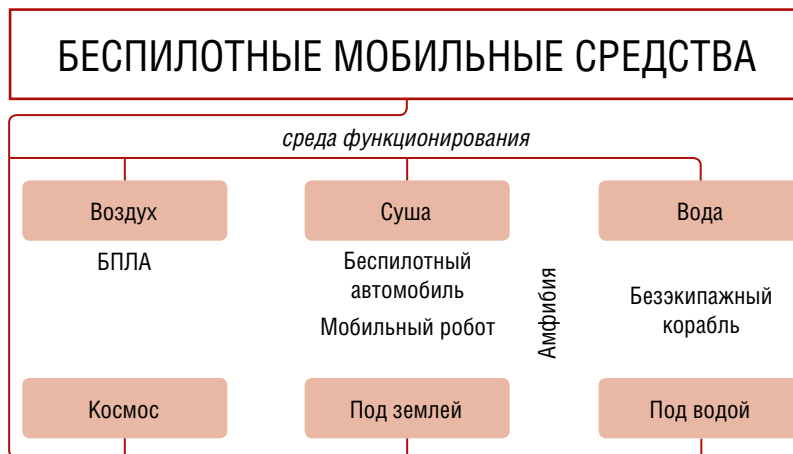


Рис. 1. Классификация беспилотных мобильных средств

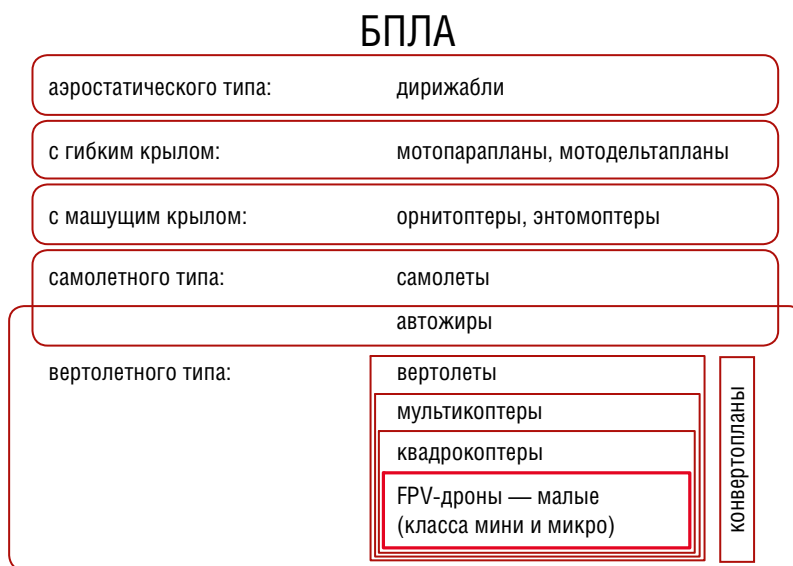


Рис. 2. Классификация беспилотных летательных аппаратов



Рис. 3. Сферы применения дронов

К. Л. Костюченко, Д. А. Франосов | Беспилотные мобильные средства: инновации и угрозы

теплосети и т.п.), научные исследования (метеорология, экология, геологоразведка, археология), мониторинг местности (сторожевые функции, спасательные работы), фото- и видеосъемка, доставка грузов (курьерская служба, аэротакси), распыление химикатов (сельское хозяйство, вызов осадков), использование в системах телекоммуникации, визуальные эффекты (реклама, световые шоу), развлечения и соревнования. В военной сфере: ведение разведки в реальном масштабе времени, целеуказание, гранатометание, бомбометание, нанесение ударов барражирующими боеприпасами («камикадзе»), средства визуального контроля, создание ложных целей, радиоэлектронная борьба, охрана и патрулирование, ретрансляция данных, доставка боеприпасов и медикаментов [3].

Подавляющую часть применяемого арсенала аппаратов составляют мультироторные беспилотные летательные аппараты — коптеры. В основном это квадрокоптеры (4-роторные как наиболее оптимальные), оснащенные камерой и передающие видео в реальном времени на устройство пилота. За ними закрепилось название «FPV-дроны» (англ. First Person View — «вид от первого лица»). Управляющий ими оператор пользуется телевизионным каналом и очками виртуальной реальности (VR-очки). Действительно, благодаря своим высоким характеристикам БПЛА вертолетного типа практически вытеснили остальные (например, самолетного типа) [4].

Широкое применение БПЛА, а следовательно, и массовое производство привело к их удешевлению (например, цена FPV-дронов начинается с нескольких десятков тысяч рублей, а в категории легких — с полутора тысяч). Это способствовало вовлечению населения (прежде всего молодежи) в новое увлечение — конструирование и программирование дронов, а также в участие в различных конкурсах и соревнованиях.

Начало специальной военной операции России потребовало расширения производства беспилотников, поскольку стало очевидно, что FPV-дроны прочно заняли нишу основного оружия на оперативно-тактическом уровне. БПЛА вообще стали одним из самых эффективных и дешевых вооружений.

Ситуация такова, что созданием и производством дронов занимаются не только крупные конструкторские бюро и фирмы, но и многочисленные изобретатели-энтузиасты, изготавливающие аппараты практически «на коленке». Разработки сразу проходят проверку в боевых условиях, подвергаются необходимым корректировкам или изменениям конструкции (согласно пожеланиям военных), в целом подтверждая свои высокие качества. В соответствии с потребностями появилась новая специальность — оператор FPV-дронов. А в 2024 г. начнет свою работу национальный проект по развитию беспилотных авиационных систем.

Кроме положительных моментов, связанных с прогрессом в сфере БПЛА, существуют и значительные про-

блемы, состоящие в непропорциональном использовании дронов. Огромное количество произведенных аппаратов, значительная часть которых является неучтенной; низкая заметность, постоянное совершенствование конструкции с одновременным расширением возможностей, относительная легкость управления, отработанные тактики применения, большое количество обученных операторов, отсутствие некоторых правовых норм — все это зачастую приводит к ситуациям, связанным с нарушением закона (незаконный оборот оружия, наркотических средств, алкоголя и т.п.). Это хулиганство, терроризм, различные варианты криминала, в том числе связанные с нарушением безопасности информации. Для использования дронов в криминальных целях некоторые из них не придется даже переделывать. Прежде всего, это касается конструкций, которые могут использоваться и в гражданской, и в военной сфере (рис. 3). Определенная часть БПЛА может дорабатываться, а часть выполняется специально под криминальные и террористические задачи. Такие задачи террористического направления известны [3]:

- доступ за периметр охраняемых объектов (зон безопасности) и ведение там наблюдения;
- точечное уничтожение отдельных важных лиц;
- заброска самодельных средств поражения;
- вывод из строя объектов электроснабжения (ЛЭП, подстанции, различные электроустройства);
- нанесение повреждений зданиям, памятникам культуры, объектам инфраструктуры и транспортным средствам;
- транспортировка запрещенных средств или их заброска на охраняемую территорию (терминалы, мосты, тоннели);
- распыление токсических веществ;
- препятствование воздушному движению в аэропортах и т.д.

Наиболее уязвимыми в этом случае выступают объекты транспорта. Основные схемы террористического применения БПЛА представлены на рис. 4.

Схемы криминального применения БПЛА (криминальные взрывы, поджоги, кражи, промышленный шпионаж и т.п.) достаточно похожи и отличаются только меньшими масштабами (рис. 5).

Несколько иные ситуации будут возникать, когда действия с БПЛА можно будет классифицировать (в первом приближении) как хулиганские. Ввиду того, что в ближайшее время различных летательных аппаратов будет произведено значительное количество, а число желающих управлять ими неуклонно увеличивается, дроны будут летать буквально повсюду. И, следовательно, летающие устройства будут пролетать над зонами безопасности, отвлекать сотрудников транспорта (полетом, съемкой), пролетать внутри ЛЭП, электrorаспределительных устройств, контактной сети, неминуемо сталкиваться с объектами транспорта, сбрасывать раз-

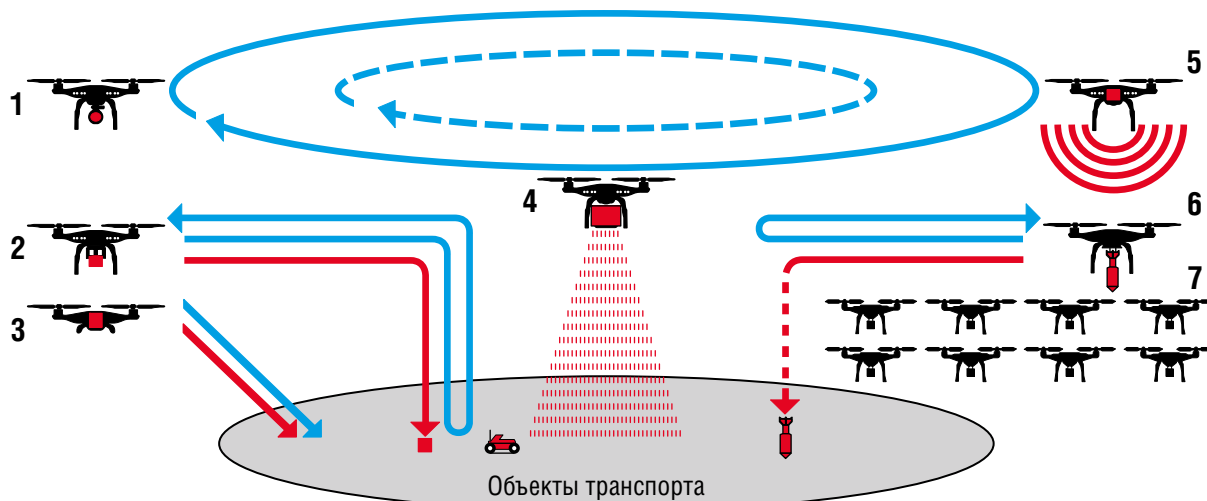


Рис. 4. Схемы террористического применения БПЛА:

1 — разведка, контроль; 2 — доставка опасных грузов, в т.ч. мобильных роботов; 3 — использование дронов-камикадзе; 4 — распыление опасных составов; 5 — радиоэлектронное подавление; 6 — сбрасывание гранат, бомб и т.п.; 7 — использование роя дронов (атака, отвлечение систем защиты, создание хаоса)

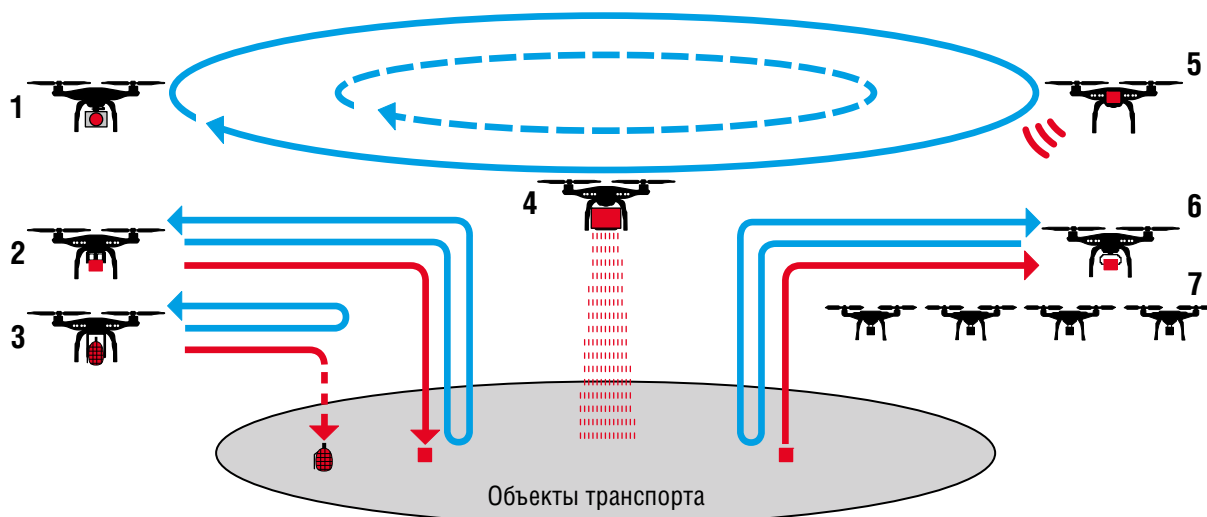


Рис. 5. Схемы криминального применения БПЛА:

1 — разведка, контроль; 2 — доставка опасных грузов; 3 — сбрасывание взрывоопасных предметов; 4 — распыление опасных составов; 5 — радиоэлектронное воздействие на некоторые электронные системы; 6 — кража предметов; 7 — использование нескольких дронов

личные предметы (в т.ч. листовки), создавать надписи на горизонтальных поверхностях, осуществлять громкое звуковещание и т.п. (рис. 6).

Еще одно направление, где можно будет считать применение БПЛА угрозой, — это противоправное получение или блокировка информации. Определенный набор таких задач очевиден (наблюдение, фото- и видеосъемка), а остальные только начинают формулироваться. Несмотря на то, что в источниках по защите информации, даже наиболее свежих [5], нет упоминания об использовании дронов, все же можно составить примерный перечень появляющихся угроз безопасности информации (рис. 7).

БПЛА, в первую очередь малые, ввиду слабой заметности могут достаточно просто проникать в контролируемую зону (КЗ) объекта информатизации и осуществлять фото- и видеосъемку. А более тяжелые и оснащенные сильной оптикой способны работать без проникновения в КЗ.

Дроны могут доставлять различные устройства съема информации в зоны с затрудненным доступом человека; устройства, способные внедряться в беспроводные сети либо нарушать их работу (подавители, блокираторы); другие устройства, способные самостоятельно перемещаться по поверхности до необходимой точки (мобильные роботы с функциями радиомикрофона).

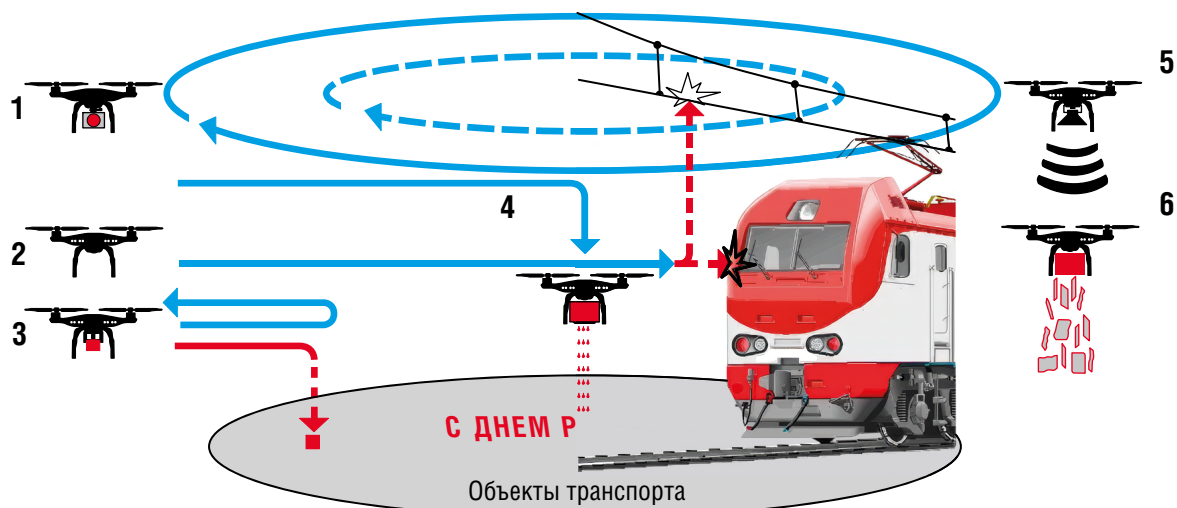


Рис. 6. Схемы применения БПЛА с хулиганскими целями:

1 — видеосъемка, отвлекающая сотрудников транспорта, а также пролеты (в т.ч. случайные) над / внутри ЛЭП, электрораспределительных устройств, зон безопасности; 2 — столкновения (в т.ч. случайные) с движущимся транспортом; 3 — сбрасывание различных предметов; 4 — создание надписей на горизонтальных поверхностях; 5 — громкое звуковещание; 6 — сбрасывание листовок

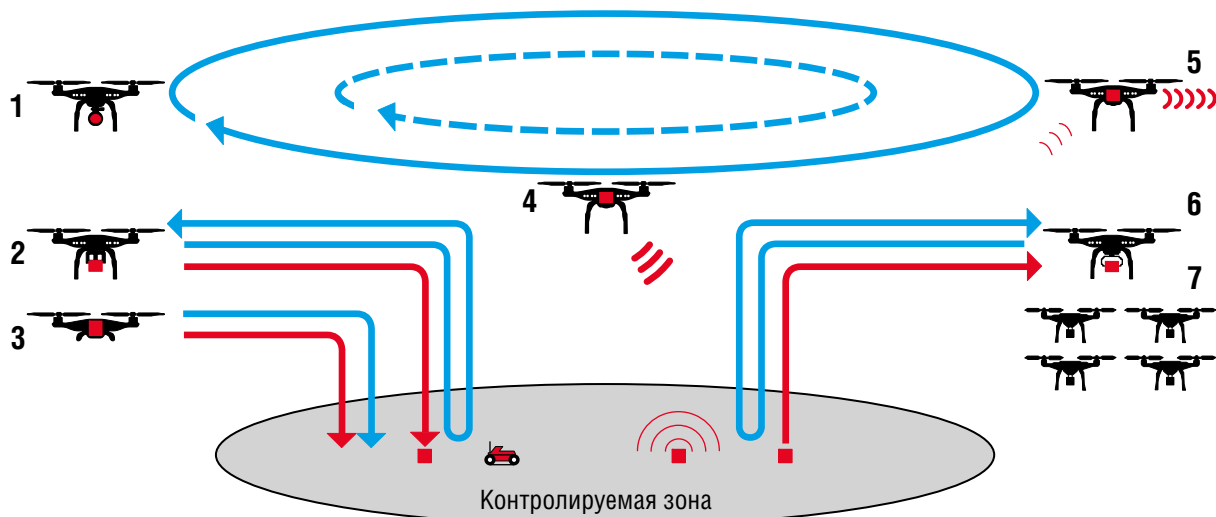


Рис. 7. Схемы применения БПЛА в целях противоправного получения, уничтожения или блокировки информации:

1 — фото- и видеосъемка; 2 — доставка грузов, в т.ч. мобильных роботов с радиомикрофонами; 3 — прилет дрона с последующим превращением в средство съема информации; 4 — подавление радиоэлектронных средств; 5 — ретрансляция данных (от радиозакладки); 6 — кража носителей информации; 7 — использование нескольких дронов

Возможны также следующие варианты: «камикадзе» (аппарат не возвращается с интересующего объекта и используется как источник питания для радиомикрофона); ретрансляция сигнала от радиомикрофона, находящегося в КЗ (при этом само закладочное устройство может быть выполнено менее мощным, из-за чего поиск на объекте будет значительно затруднен); сеансовый прием записей от радиомикрофона с диктофоном при периодических подлетах дрона; пролет в КЗ с целью изъятия документа.

Перечисленные угрозы становятся еще более актуальными из-за сложности обнаружения и нейтрализации дронов.

Меры защиты от БПЛА можно условно разделить на пассивные и активные (рис. 8). К пассивным мерам относятся организационно-правовые (законодательные и технические нормы, лицензирование, информирование) и инженерно-строительные (создание специальных защитных конструкций), к активным мерам — физическое противодействие — обнаружение с последующей остановкой, перехватом или уничтожением. Обнаружение производится при помощи оптической, акустической, радарной и радиочастотной детекции, а противодействие может осуществляться радиоэлектронным подавлением систем навигации и радиосвязи; функциональным поражением сверхвысокочастотным излуче-

нием; перехватом с использованием специальных дронов-перехватчиков, клейких и вязких аэрозолей, специально тренированных птиц, а также поражением из огнестрельного оружия, лазером, горючими аэрозолями и др. [3].

Большинство из указанных способов больше подходит для военной сферы. Для гражданской разрабатываются системы с модулями направленной генерации помех, основанные на искусственном интеллекте и нейронных сетях, например программно-аппаратный комплекс Kaspersky Antidrone [6].

Выводы

1. Беспилотные летательные аппараты, несмотря на некоторые успехи в транспортных инновациях (дроны-такси, службы доставки), в определенных ситуациях становятся серьезными террористическими и криминальными угрозами, а также угрозами безопасности информации.

2. Несмотря на пока еще единичные случаи противоправного использования дронов, уровень риска реализации таких угроз будет возрастать в связи с постоянным развитием науки и технологий, а также с происходящими социальными процессами (вооруженные конфликты, соревнования дронеров, новое развлечение у молодежи).

3. Объекты транспорта, инфраструктуры, информатизации в настоящее время требуют дополнительной защиты от неправомерного использования дронов, которая должна заключаться в появлении специальных инженерно-строительных и конструкторских решений, а также в разви-

тии программно-технических антидроновых систем.

4. Не менее важным является своевременное принятие необходимых нормативных правовых актов в сфере регламентации оборота беспилотных мобильных средств с последующим созданием эффективных механизмов их реализации.

5. Все вышесказанное относительно беспилотных летательных аппаратов в значительной мере справедливо для всех беспилотных мобильных средств. **ИТ**



Рис. 8. Классификация мер защиты от противоправного применения БПЛА

Список литературы

1. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние / В. С. Фетисов, Л. М. Неугодникова, В. В. Адамовский, Р. А. Красноперов; под ред. В. С. Фетисова. Уфа : ФОТОН, 2014. 217 с.
2. Что такое дрон? // Мир квадрокоптеров. URL: <https://mirquadrocoptero.ru/blog/obshhie-voprosy/chto-takoe-dron> (дата обращения: 23.01.2024).
3. Макаренко С. И., Тимошенко А. В., Васильченко А. С. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Ч. 1. Беспилотный летательный аппарат как объект обнаружения и поражения // Системы управления, связи и безопасности. 2020. № 1. С. 109–146.
4. Меринов К. FPV-дроны: технология, тактическое применение и будущее // Деловая газета «Взгляд». 15 сентября 2023 г. URL: <https://vz.ru/information/2023/9/15/1230301.html> (дата обращения: 23.01.2024).
5. Новиков В. К., Краснов М. Г., Рекунков И. С. Средства, технологии, системы и технические каналы утечки информации для осуществления киберслежки за человеком и его деятельностью. М. : Горячая линия — Телеком, 2023. 160 с.
6. Kaspersky Antidrone — экосистема мониторинга и защиты от дронов // Лаборатория Касперского. URL: <https://antidrone.kaspersky.com/ru/> (дата обращения: 23.01.2024).

References

1. Unmanned aviation: terminology, classification, current state / V. S. Fetisov, L. M. Neugodnikova, V. V. Adamovsky, R. A. Krasnoperov; Ed. by V. S. Fetisov. Ufa : PHOTON, 2014. 217 p.
2. What is a drone? // The world of quadcopters. URL: <https://mirquadrocoptero.ru/blog/obshhie-voprosy/chto-takoe-dron> (accessed: 01/23/2024).
3. Makarenko S. I., Timoshenko A. V., Vasilchenko A. S. Analysis of means and methods of countering unmanned aerial vehicles. Part 1. Unmanned aerial vehicle as an object of detection and destruction // Management, communication and security systems. 2020. No. 1. P. 109–146.
4. Merinov K. FPV drones: technology, tactical application and future // The business newspaper «Vzglyad». September 15, 2023. URL: <https://vz.ru/information/2023/9/15/1230301.html> (accessed: 01/23/2024).
5. Novikov V. K., Krasnov M. G., Rekunkov I. S. Means, technologies, systems and technical channels of information leakage for cyber surveillance of a person and his activities. M. : Hotline — Telecom, 2023. 160 p.
6. Kaspersky Antidrone — ecosystem of monitoring and protection against drones // Kaspersky Lab. URL: <https://antidrone.kaspersky.com/ru/> (accessed: 01/23/2024).



Михаил Андреевич
Штин
Mikhail A. Shtin



Егор Леонидович
Пивоваров
Egor L. Pivovarov

Проблемы организации транспортного обслуживания металлургических предприятий с непрерывным циклом производства

Problems of organizing transport services for metallurgical enterprises with the continuous production cycle

Аннотация

В статье рассматриваются особенности организации грузоперевозок продукции металлургических предприятий с непрерывным циклом производства железнодорожным транспортом. Представлены ключевые инструменты, применяемые металлургическими предприятиями в процессе материалодвижения, позволяющие снизить возникающую в условиях современного рынка неравномерность прибытия вагонопотока. Сделан вывод о необходимости формирования логистических информационных систем (технологий) управления процессом материалодвижения предприятий с тесной связью всех участников перевозочного процесса, в том числе на базе искусственного интеллекта.

Ключевые слова: транспортировка, металлургия, сырье, вагонопоток, неравномерность, единый технологический процесс, модель, искусственный интеллект.

Abstract

The paper considers the features of organizing of the railway freight transportation of metallurgical enterprises products with the continuous production cycle. The key tools used by metallurgical enterprises in the process of materials science are presented, making possible the reduction of the unevenness of car traffic in the conditions of the modern market. It is concluded on the necessity to form logistics information systems (technologies) for managing the process of material movement of enterprises with close communication of all transportation process participants, including artificial intelligence elements.

Keywords: transportation, metallurgy, raw materials, car traffic, unevenness, unified technological process, model, artificial intelligence.

Авторы Authors

Михаил Андреевич Штин, аспирант кафедры «Мировая экономика и логистика», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Егор Леонидович Пивоваров, аспирант кафедры «Мировая экономика и логистика», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Mikhail A. Shtin, PhD Student, Department of World Economy and Logistics, Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg | Egor L. Pivovarov, PhD Student, Department of World Economy and Logistics, Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg

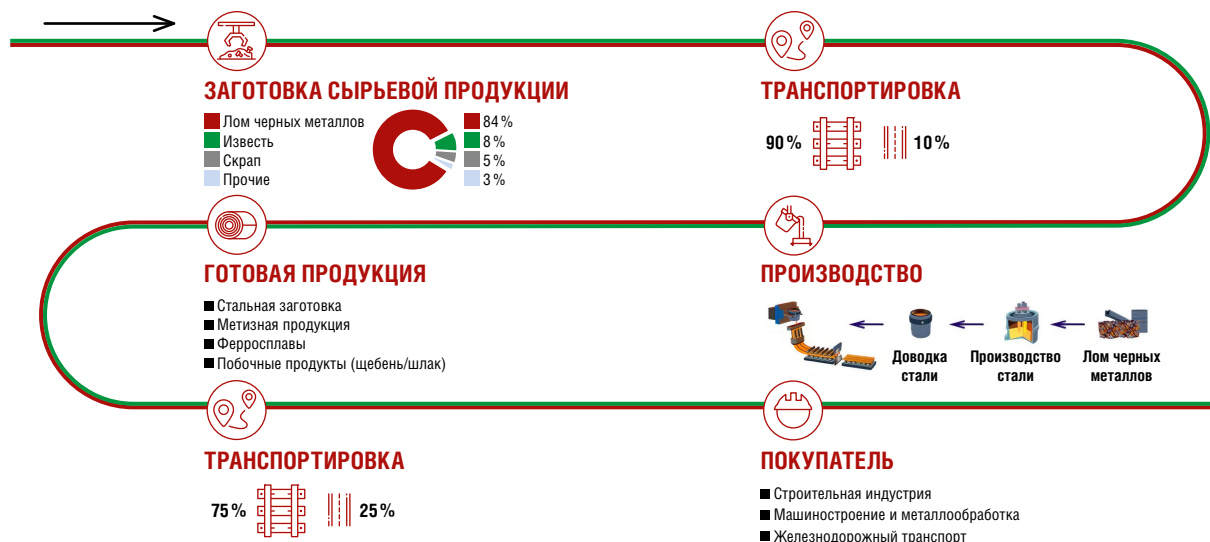


Рис. 1. Примерная схема материалодвижения металлургических предприятий с непрерывным циклом производства

Металлургическая промышленность является одной из основополагающих отраслей, обеспечивающих устойчивое развитие экономики Российской Федерации. Кроме того, стабильное функционирование металлургических предприятий — залог прочного фундамента для всех сфер материального производства.

Отличительной особенностью крупных металлургических комбинатов является многоуровневый технологический процесс с большим количеством связей, а также непрерывный (процессный) тип производства. Системе организации таких предприятий свойственно движение материального потока с момента организации завоза сырьевых грузов до отправки готовой продукции, с обязательным прохождением транспортных блоков, обеспечивающих перевозку и переработку грузов. Этот процесс принято называть материалодвижением предприятий (рис. 1).

Преобладание рыночных отношений в современной экономике радикально влияет на производственную среду металлургических предприятий. Следствием появления таких факторов, как значительные колебания объема выпуска металлопродукции, существенное изменение и пополнение сортамента прокатной продукции, а также географическое расширение рынка ее сбыта в страны дальнего зарубежья, становятся изменения в условиях и характере взаимодействия транспорта и производства, что приводит к нарушению ритмичности производственного процесса [1, 2]. Увеличение объемов различных примесей, применяемых в выплавке металлургической продукции, исключает возможность определения ее качества на ранних этапах, что существенно отражается на темпах производства.

Непрерывное производство является одним из основных типов производственных подходов в металлургии и предполагает, что продукт производится непре-

рывно — без пауз между партиями. Смысл непрерывного производства заключается в создании больших объемов стандартизированной продукции и минимизации потерь, возникающих вследствие его остановок.

Таким образом, непрерывное производство определяется как совокупность последовательных безостановочных этапов и операций единого технологического процесса производства готовой продукции.

Отличительной особенностью металлургического предприятия с непрерывным циклом производства является то, что сырьевые материалы для выплавки готовой продукции должны поступать в производство в необходимом количестве, нужного качества и по оптимальной стоимости, т.е. первостепенной задачей современного металлургического производственного процесса становится обеспечение эффективности взаимодействия всех его элементов в режиме реального времени. Важнейший элемент в таком процессе — железнодорожный транспорт, поскольку он взаимодействует с системой транспорта общего пользования при приеме сырья и отгрузке готовой продукции. Кроме того, именно с помощью железнодорожного транспорта осуществляется основной объем внутренних технологических перевозок в непрерывном цикле производства. По данным на 2016 г., объемы внутренних перевозок металлургических предприятий железнодорожным транспортом составили порядка 72 % [3], что связано с массовостью производства, а также с последующей отправкой продукции магистральным железнодорожным транспортом.

Действия участников транспортной цепи в настоящее время носят рассогласованный характер: отсутствуют единые регламентированные технологические процессы, условия предоставления вагонов операторами подвижного состава становятся невыгодными. Совместное воздействие этих факторов приводит к неравномерности

операционных ритмов производственных цехов и транспорта в точках их взаимодействия. Возникает проблема неравномерного поступления сырьевых грузов, что дополнительно оказывает влияние на производственные и транспортные циклы.

Грузовые комплексы производственных цехов и железнодорожные станции, осуществляющие обслуживание данного процесса в рамках всей цепи материалодвижения, подвергаются воздействию неравномерных волновых колебаний объемов грузовой и транспортной работы, что приводит к росту межоперационных простоев, а также простоев порожних и груженых вагонов.

Сложившаяся обстановка, подверженная влиянию, кроме прочих, и внешнеэкономических факторов, демонстрирует неэффективность традиционных форм и способов взаимодействия производства и транспорта в процессе материалодвижения. Как следствие, транспорт, вынужденный подстраиваться под созданные условия, перестает отвечать современным стандартам и запросам, что приводит к значительным издержкам и производственным потерям, возникающим у всех участников взаимодействия.

Для снижения колебаний и негативного воздействия на инфраструктуру участники транспортных цепочек принимают ограничительные меры, которые приостанавливают поступление сырьевой продукции, порожнего подвижного состава в адрес металлургических предприятий. Данные меры направлены на получение положительного эффекта, но фактически дают только временную отсрочку очередного скачка массового прибытия продукции и частично переносят издержки на других участников перевозочного процесса. Введение конвенционного ограничения или запрещения погрузки грузов в адрес определенных станций, грузоотправителей, грузополучателей, направлений может негативно сказываться на равномерности перемещения грузено-

го и порожнего подвижного состава, приводить к возникновению занятости выставочных путей станций перевозчика для вывода вагонов, не попадающих под данный запрет, а также к бросанию поездов, на подъем которых требуется длительный период времени. Пример негативного воздействия конвенционного запрещения на равномерность прибытия вагонов с сырьевыми грузами в адрес предприятия Свердловской области приведен на рис 2.

По причине взаимовлияния операторы подвижного состава в целях снижения возникающих в таком случае потерь проводят ряд мероприятий, направленных на снижение амплитуды таких волновых колебаний, например, сдерживают подсыл порожних вагонов для исключения непроизводительных простоев вагонов и «заморозки вагонного парка». Последствия в такой ситуации вынужденно принимают грузоотправители и грузополучатели сырьевой продукции. Первые вынуждены производить погрузку вагонов и оформлять перевозочные документы после снятия ограничений, тем самым создавая массовую отпарку накопившихся за период ограничений вагонов. Вторые — принимают данные вагоны впоследствии.

Практика показывает, что существуют эффективные инструменты для решения проблем своевременного и равномерного обеспечения металлургических предприятий сырьевой продукцией, а также подвижным составом. Одним из таких инструментов является использование металлургическим предприятием консолидированного вагонного парка единственного оператора, которое позволяет оперативно регулировать вагонные потоки, обеспечивать равномерность распределения погрузочных ресурсов на местах зарождения сырьевой продукции, а также снизить коэффициент встречных порожних пробогов и повысить эффективность использования вагонного парка в целом. Нали-

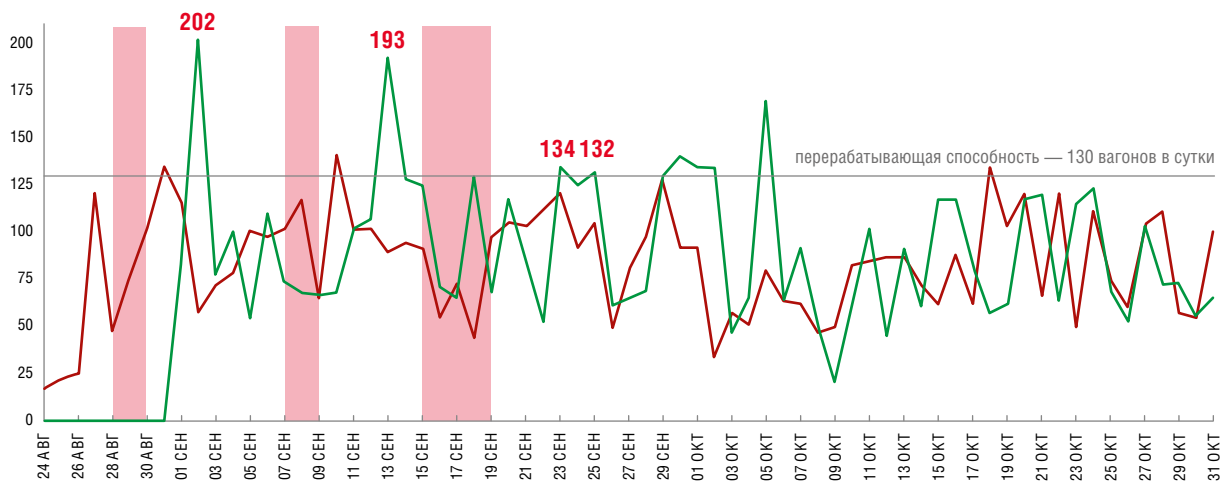


Рис. 2. Прибытие вагонов с сырьевыми грузами в адрес металлургического предприятия Свердловской области:

— конвенционные запрещения и ограничения; — количество вагонов прибытия на МК; — количество вагонов погрузки на МК; 202 — пики прибытия сырьевых грузов

чие единственного оператора упрощает процесс оперативного контроля и анализа отгрузки, оформления, выгрузки, нахождения в пути и других параметров состояния вагонного парка, направляемого в адрес металлургического предприятия, а также дает возможность оперативно принимать совместные управленческие решения, направленные на повышение равномерности прибытия порожнего и груженого подвижного состава с сырьем в адрес завода.

В настоящее время металлургические предприятия понимают важную роль консолидации вагонного парка в организации материало-движения. Анализ данных позволяет разделить металлургические предприятия на предприятия, где консолидированный вагонный парк единого оператора составляет более 80 % от парка вагонов, используемых предприятием, и организации, у которых данный показатель составляет от 40 до 60 %. Рис. 3 наглядно демонстрирует, что амплитуда колебаний прибытия вагонов у первых выше.

Второй инструмент опирается на прогнозирование поступления сырья на металлургические предприятия, а также спроса на готовую продукцию. Так, внутригодовые подъемы и спады производства, грузооборота и товарооборота таких предприятий обусловлены возникающими сезонными колебаниями завоза лома черных металлов, что связано с колебаниями спроса и, соответственно, закупочной цены на металлолом, конечными потребителями которого как раз являются металлургические заводы — они и определяют закупочную цену на лом в регионе. В период активной закупки и накопления ими лома повышается спрос, а цена увеличивается. К зимнему периоду, как правило, комбинаты уже имеют созданные запасы сырья на своих складах и работают за их счет. Соответственно, сезонное возобновление закупок лома в начале весны приводит к росту цен на внутреннем рынке. Рост

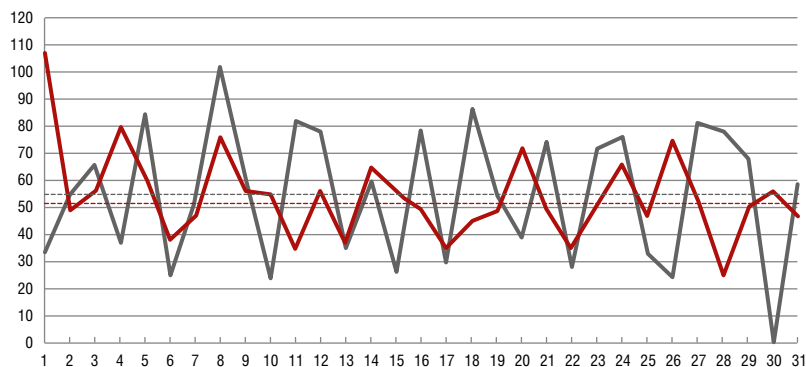


Рис. 3. График колебаний равномерности прибытия вагонов с сырьевыми грузами в адрес металлургического предприятия Свердловской области в зависимости от доли присутствия собственников:

— количество вагонов прибытия на МК при 40–60% ВП единственного собственника;
 — количество вагонов прибытия на МК при 80–100% ВП единственного собственника

цен, в свою очередь, определяет рост объемов сдачи металлолома. Кроме того, необходимо учитывать и погодные условия. Весенние и летние месяцы комфортны для сбора металлолома — отсюда и увеличение массы приема для всех позиций в весенне-летний сезон.

Спрос на готовую продукцию напрямую зависит от основных потребителей — строительной индустрии, поэтому сезонные пики — февраль и октябрь — связаны с подготовкой к началу и окончанием строительного сезона [4].

Статистика колебаний рыночной стоимости металлолома за 2023 г. приведена на рис. 4 [5].

В настоящее время разрабатываются способы прогнозирования на базе искусственного интеллекта, опирающегося на комбинированные методы, но по состоянию на 2023 г. подобные модели не способны учитывать стохастический характер исходных данных, определенных текущими реалиями российской экономики и возросшей волатильностью металлургического рынка.

Третий инструмент также относится к прогнозированию и является логическим продолжением использования консолидированного вагонного парка единого оператора. Он заключается в совместном планировании прибытия вагонопотоков с использованием инту-

итивных и математических методов. Основная сложность в применении данного инструмента заключается в определении горизонта прогнозирования, который должен приблизиться к реальному временному отрезку, где наблюдаются минимальные отклонения прогнозных значений от фактического прибытия вагонопотоков. Сильное увеличение периодов такого прогнозирования влечет за собой рост количества факторов, влияющих на продвижение рассматриваемых вагонопотоков по сети.

На данный момент каждое металлургическое предприятие, существующее автономно или в рамках холдинга, применяет индивидуальный подход к оценке горизонтов планирования. Авторами предложено усреднить используемые предприятиями горизонты и условно разделить их на три периода: оперативный (3–4 часа), сменный (6–12 часов) и суточный (24 часа).

Планированием у операторов, а также на большинстве крупных металлургических предприятий занимаются диспетчерские центры, ошибки в работе которых влекут за собой существенные финансовые потери, поэтому операторами ведутся непрерывные разработки моделей машинного обучения, позволяющие предиктивно определять все необходимые показатели. Такие модели

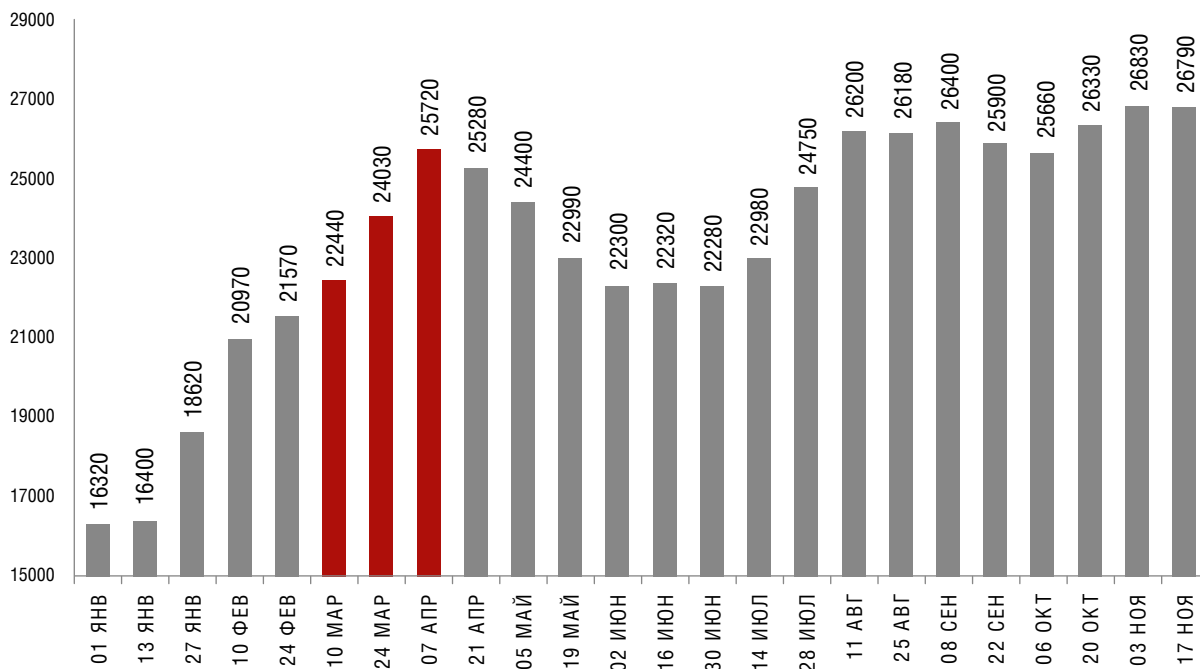


Рис. 4. График колебаний рыночной стоимости металлолома в 2023 г., руб/т

уже показывают большую точность, чем нормативы ОАО «РЖД», по которым рассчитываются сроки прибытия вагонов, и эффективность, превышающую эффективность специалистов диспетчерского аппарата.

Пробелы в работе разрабатываемых моделей вновь, как и в случае с прогнозированием, создаются множеством стохастических факторов. При возросшей интенсивности прибытия вагонопотоков точность прогнозирования меняется, что позволяет определять назначение таких моделей, как вспомогательное.

Источником возникающих проблем и стимулом для использования перечисленных инструментов является тот факт, что зачастую во внимание не принимается цельность экономической системы государства, а также созависимость финансовых результатов участников материалодвижения смежных отраслей промышленности. Именно поэтому в современных условиях, учитывая непостоянный характер рынков сбыта и непрерывную цифровизацию, необходимо уделить больше внимания оптимизации макрологистических взаимодействий, усовершенствованию внутренней транспортно-логистической системы.

На первый план выходят вопросы внедрения действующих аналитических методов в модели внутрипроизводственной логистики для выполнения конкретных многовариантных расчетов с целью анализа и синтеза логистических систем управления материалодвижением предприятий [2].

В настоящее время традиционные методы управления этапами материалодвижения, формирующими в комплексе единый технологический процесс, необ-

ходимо интегрировать в актуализированные модели, в том числе с использованием искусственного интеллекта, с переносом акцентов на реализацию продукции производства и транспорта. С помощью уже существующих технологий в области искусственного интеллекта цепочку материалодвижения можно сделать более прозрачной и эффективной. Например, на базе уже используемых моделей (включая классические оптимизационные), учитывающих и содержащих информацию о наличии на складах сырья и готовой продукции, темпах погрузки и выгрузки всех участников производственных циклов, размерах, направлениях и времени продвижения вагонопотоков, перерабатывающих способностях путей общего и необщего пользования, инфраструктурных ограничениях, а также оперативных данных об эксплуатационной обстановке на магистральных линиях, возможно создание рекомендательной модели, визуализирующей всю цепь материалодвижения. Кроме того, рекомендательная система позволит решать транспортные задачи наиболее эффективным способом, учитывая интересы каждого участника цепи материалодвижения в рамках заданных допустимых отклонений. Это приведет к сокращению издержек, возникающих в цепи в целом.

Внедрение искусственного интеллекта также позволит планировать ремонт и техобслуживание оборудования. Система ИИ уже сейчас способна учитывать множество переменных: ограничения по персоналу, материальные и технические ресурсы, приоритеты в производстве. Собирая в режиме онлайн данные о каждом дефекте, технология может ежедневно обновлять план по ТО и ре-

монту на несколько недель вперед. Это не только сократит затраты, но и облегчит работы по планированию [6]. Важность такого вектора развития подтверждается политикой государства в этой сфере [7].

Таким образом, ключевую роль в организации транспортного обслуживания металлургических предприятий с непрерывным циклом производства играет цифровая трансформация. Одной из важнейших задач становит-

ся формирование логистической информационной системы (технологии) управления процессом материалодвижения предприятий с тесной связью всех участников перевозочного процесса. Только совместный согласованный подход способен обеспечить устойчивый экономический рост, а также существенно сократить производственные потери каждого звена перевозочного процесса. **ИТ**

Список литературы

1. Парунакян В. Э., Маслак А. В. Повышение эффективности взаимодействия производства и транспорта в процессе материалодвижения металлургических предприятий // Вестник Приазовского государственного технического университета. 2017. № 35. С. 237–244. ISSN 2225-6733.
2. Парунакян В. Э. Формирование логистической концепции (технологии) системного управления процессом материалодвижения на металлургических предприятиях // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2018. № 2 (11). С. 4–21. ISSN 2222-9396.
3. Транспорт металлургического завода // Metallplace.ru. URL: <https://metallplace.ru/about/stati-o-chnoymetalurgii/transport-metallurgicheskogo-zavoda/> (дата обращения: 18.11.2023).
4. Попова Е. В., Скибина Я. В. Вторичная переработка металлолома: исследование тренд-сезонных процессов // Экономическое прогнозирование: модели и методы: материалы XV Международной научно-практической конференции. Воронеж, 2018. С. 115–117.
5. Индексы рынка // ТРАНСЛОМ. URL: <https://translom.ru/graph/> (дата обращения: 18.11.2023).
6. «Умная» сталь: как нейросеть помогает развивать металлургию // РБК. URL: <https://www.rbc.ru/economics/08/09/2023/64f8a2219a794746be0720e9> (дата обращения: 18.11.2023).
7. Указ Президента Российской Федерации «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» от 10.10.2019 № 490 // Официальный сайт Президента России. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731> (дата обращения: 01.03.2024).

References

1. Parunakyan V. E., Maslak A. V. Improving the efficiency of interaction between production and transport in the process of material movement of metallurgical enterprises // Bulletin of the Azov State Technical University. 2017. No. 35. P. 237–244. ISSN 2225–6733.
2. Parunakyan V. E. Formation of the logistic concept (technology) of the system management of the material movement process at metallurgical enterprises // Modern problems of the transport complex of Russia. 2018. No. 2 (11). P. 4–21. ISSN 2222-9396.
3. Transport of the metallurgical plant // Metallplace.ru. URL: <https://metallplace.ru/about/stati-o-chnoymetalurgii/transport-metallurgicheskogo-zavoda/> (accessed: 11/18/2023).
4. Popova E. V., Skibina Ya. V. Recycling of scrap metal: a study of trend-seasonal processes // Economic forecasting: models and methods: proceedings of the XV International Scientific and Practical Conference. Voronezh, 2018. P. 115–117.
5. Market indices // TRANSLOM. URL: <https://translom.ru/graph/> (accessed: 11/18/2023).
6. «Smart» steel: how the neural network helps to develop metallurgy // RBC. URL: <https://www.rbc.ru/economics/08/09/2023/64f8a2219a794746be0720e9> (accessed: 11/18/2023).
7. Decree of the President of the Russian Federation «On the development of artificial intelligence in the Russian Federation» dated 10.10.2019 No. 490 // Official website of the President of Russia. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731> (accessed: 03/01/2024).



Татьяна Анатольевна
Антропова

Tatyana A. Antropova

Классификация средств измерений и испытательного оборудования на железнодорожном транспорте (на примере диагностических устройств для испытания и опробования тормозов)

Classification of measuring instruments and test facilities on railway transport (a study of diagnostic devices for brakes tests and trials)

Аннотация

В статье рассматриваются средства измерения и испытательное оборудование, эксплуатирующееся на железнодорожном транспорте. Проанализирована классификация различных диагностических устройств, применяющихся для приемки тормозов вагонов и опробования составов, сделаны выводы по результатам анализа.

Ключевые слова: средства измерения, испытательное оборудование, аттестация, поверка и калибровка, государственный стандарт, класс точности, межповерочный интервал.

Abstract

The paper considers measuring instruments and test facilities used on railway transport. The classification of various diagnostic devices used for acceptance of wagon brakes and testing of trains is analyzed. Conclusions are drawn based on the results of the analysis.

Keywords: measuring instruments, test equipment, certification, verification and calibration, state standard, accuracy class, verification interval.

Авторы Authors

Татьяна Анатольевна Антропова, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Tatyana A. Antropova, Associate Professor of the Department of "Design and Operation of Automobiles", Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg

На железнодорожном транспорте Российской Федерации ключевое место отводится безопасности движения, поэтому практически все элементы подвижного состава и инфраструктуры, а также основные и вспомогательные процессы функционирования транспорта измеряются, диагностируются и контролируются самыми разнообразными средствами измерения, средствами допускового контроля, неразрушающего контроля, испытательными и диагностическими устройствами и приборами.

Все оборудование подразделяется на отдельные классы и виды, имеющие серьезные отличия между собой по техническому обслуживанию и методам обеспечения единства измерений, которые, в свою очередь, регламентируются различными стандартами и нормативными документами в зависимости от их класса и типа. Например, общие требования, предъявляемые к средствам измерения, а также техническим устройствам и системам с измерительными функциями, изложены в ГОСТ Р 8.674-2009 [1]. Метрологические требования к ним в зависимости от конкретных видов определяют в соответствии с ГОСТ 8.009-84 [2], а классы точности — в соответствии с ГОСТ 8.401-80 [3]. И хотя эксплуатация и обслуживание средств измерений каждого типа регламентируется своей собственной методикой, основным методом метрологического обеспечения средств измерений является поверка (и калибровка в случае необходимости).

В то же время метрологическое обеспечение испытательного оборудования подразумевает, согласно ГОСТ Р 8.568-2017 [4], проведение аттестации. Различают три вида аттестации: первичная, периодическая и повторная. Но временные интервалы проведения аттестации, а также объем и технология производимых в ее рамках работ устанавливаются для каждого оборудования индивидуально, согласно требованиям соответствующей программы и методики испытаний.

Таким образом, уже с самого начала изучения стандартов, регламентирующих данную область метрологии, можно видеть значительные различия между средствами измерения и испытательным оборудованием. При этом даже в процессе определения класса своего оборудования многие разработчики зачастую допускают неточности и ошибки. Анализируя сложившуюся ситуацию, необходимо в первую очередь дать точную оценку тому или иному оборудованию — только тогда можно быть уверенным в правильности классификации и дальнейшем метрологическом обеспечении. Вопросам определения и метрологической классификации посвящена целая группа стандартов, относящихся к области единства измерений.

Так, согласно РМГ 29-2013 [5], средством измерения считается техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики. Практически такое же опре-

деление приводится и в законе Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» № 102-ФЗ от 26.06.2008 г. [6], где средство измерений указано как техническое средство, предназначенное для измерений. Решение же об отнесении или не отнесении технического средства к средствам измерений принимается Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии.

Испытательное оборудование, согласно ГОСТ Р 8.568-2017 [4], — это средство испытаний, представляющее собой техническое устройство для воспроизведения условий испытаний. При этом испытательное оборудование может содержать в себе то или иное средство измерений. Наглядный пример испытательного оборудования — климатическая камера для испытания различных устройств и приборов на соответствие их установленным температурным нормам. То есть камера создает условия — воспроизводит предельную температуру для проведения испытаний, а значит, относится именно к испытательному оборудованию. Но при этом данное испытательное оборудование может содержать (и в действительности всегда содержит) в себе такие средства измерений, как термометр, секундомер/часы, гигрометр и пр.

Как видно из приведенных определений, между средствами измерений и испытательным оборудованием проложена весьма четкая грань, недвусмысленно разделяющая эти понятия. Тем не менее на практике, если рассматривать приборы, эксплуатирующиеся на железнодорожном транспорте, периодически можно видеть примеры неверной классификации диагностических систем со стороны различных разработчиков. В первую очередь это касается производителей сложных диагностических комплексов, направленных на проверку функциональных возможностей бортовых и напольных систем управления и безопасности подвижного состава, а также различных диагностических устройств, предназначенных для проверки тормозного оборудования.

Например, такие устройства, как УЗОТ-РМ [7] или АСДТ [8] (а также все их многочисленные модификации и разновидности), применяющиеся для проведения полного опробования тормозов грузовых составов, классифицируются производителями и представителями метрологических служб как средства измерений. Однако при тщательном рассмотрении назначения и принципов работы этих систем становится ясно, что они относятся к испытательному оборудованию. Принцип работы данных устройств заключается в создании условий для проверки действия/бездействия тормозного оборудования вагонов, включенных в единую сеть тормозной магистрали состава: при изменении давления в тормозной магистрали (ТМ) создаются соответствующие условия для работы тормозов каждого из вагонов в составе поезда, а затем представители вагонного хозяйства (осмотрщики) визуально оценивают работу тормозов

во время прохода вдоль состава. Конечно, для точного установления давления в ТМ в системах УЗОТ и АСДТ применяются датчики давления и средства контроля времени, что только подтверждает их классификацию как испытательного оборудования, включающего в себя отдельные средства измерения. Но, несмотря на очевидность классификации этих сложных комплексных систем как испытательного оборудования, никто ни разу за всю многолетнюю эксплуатацию не подверг сомнению их принадлежность к средствам измерений.

Еще более запутанная ситуация сложилась с системой для опробования тормозов пассажирских составов УЗОТ-П (устройство измерения параметров тормозных систем пассажирских составов). Согласно методике поверки указанного оборудования [9], речь идет о каком-то новом классе приборов. В [9] УЗОТ-П указано не как средство измерения или испытательное оборудование, а как некое «устройство измерения характеристик», что вообще противоречит общепринятой классификации. В то же время в результате анализа самой методики поверки данной системы можно сделать вывод, что речь идет о поверке средств измерений, входящих в состав прибора, а именно датчиков давления и амперметра. Кроме того, проверяется алгоритм создания и изменения давления в ТМ (условий работы тормозов) самого устройства УЗОТ-П, что в полной мере относится к проверке испытательного оборудования, выполняемой в ходе его аттестации.

Помимо оборудования, применяющегося для опробования тормозов, можно рассмотреть устройства и системы, предназначенные для диагностики и приемки тормозов вагонов в ходе проведения ремонта (как планового, так и текущего). Яркий пример — устройство испытания тормозного оборудования грузовых вагонов СИТОВ (система испытания тормозов вагона). Оно также отнесено разработчиками и производителями к средствам измерений (числится в госреестре под номером 16686-08) [10]. Но назначение и принцип действия СИТОВ наглядно показывают, что система является очередным представителем испытательного оборудования. Суть работы данного устройства состоит в создании в тормозной магистрали испытуемого вагона определенного давления, после чего проверяется, как тормозная система отреагирует на то или иное изменение давления сжатого воздуха в ТМ. Получается, что снова создаются условия для определенной работы тормозов вагона, а затем регистрируется то, как отреагировало вагонное тормозное оборудование на соответствующее изменение этих условий.

Если рассматривать комплекс оборудования, применяемого при диагностике и ремонте тормозных приборов в АКП, то подавляющее количество эксплуатируемых там диагностических устройств так и называются — «испытательные стенды». Но устройства, предназначенные для диагностики тормозов вагона в сборе, при выпуске его из ремонта, почему-то классифицируются производителями как средства измерений. На этом фоне из десятка разнообразных систем и устройств выделяется УПТВ — установка для приемки тормозов вагонов, изначально правильно классифицированная разработчиками именно как испытательное оборудование. К сожалению, данный случай является скорее исключением, подтверждающим тот факт, что большинство систем и приборов, применяемых для диагностики тормозов подвижного состава, классифицированы как средства измерений неверно.

Подводя итог, можно сделать вывод о том, что все применяющиеся на сегодняшний день средства диагностики тормозов подвижного состава представляют собой испытательное оборудование. Только диагностические приборы для проверки и приемки тормозов вагона при ремонте содержат в себе больше средств измерений (добавляются датчики тормозных цилиндров, датчики нажатий и пр.).

Логика производителей диагностического оборудования проста и понятна: классификация устройства как средства измерений требует проведения поверки и техобслуживания в несколько раз чаще (как правило, раз в полгода или раз в год), чем в случае с испытательным оборудованием, где сроки аттестации составляют в среднем 3–5 лет. Безусловно, каждое линейное подразделение железнодорожного транспорта может самостоятельно принимать решение о том, с кем заключать договор на поверку и обслуживание принадлежащего ему оборудования, но поскольку речь идет о сложных и дорогих системах, нюансы работы которых известны только непосредственному разработчику, фактически везде на железной дороге предпочитают работать непосредственно с изготовителем. В результате производитель заключает договоры с подразделениями железнодорожной инфраструктуры в несколько раз чаще необходимого и зарабатывает на обслуживании своего оборудования в несколько раз больше. Взвешенный и последовательный подход к вопросам классификации диагностического оборудования позволит обеспечить единство средств измерений на железнодорожном транспорте и повысить эффективность диагностики, ежегодно экономя десятки и сотни миллионов рублей. **ИТ**

Список литературы

1. ГОСТ Р 8.674-2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Общие требования к средствам измерений и техническим системам и устройствам с измерительными функциями. М. : Стандартинформ, 2019. 11 с.
2. ГОСТ 8.009-84. Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений. М. : Стандартинформ, 2006. 26 с.
3. ГОСТ 8.401-80. Государственная система обеспечения единства измерений. Классы точности средств измерений. Общие требования. М. : Стандартинформ, 2010. 10 с.
4. ГОСТ Р 8.568-2017. Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения. М. : Стандартинформ, 2019. 12 с.
5. РМГ 29-2013. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. М. : Стандартинформ, 2014. 56 с.
6. Об обеспечении единства измерений : Федеральный закон № 102-ФЗ от 26.06.2008 г. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/?ysclid=lspuuj4sud648643084.
7. Описание типа средства измерений. Устройства зарядки и опробования тормозов с регистрацией УЗОТ-РМ. URL: <https://www.ktopoverit.ru/prof/opisanie/15284-13.pdf>.
8. Системы диагностики тормозов грузовых составов автоматизированные «АСДТ». Методика поверки МП 207.2-007-2016. Изменение № 1. М. : ФГУП ВНИИМС, 2020. 6 с. URL: <https://saprd.ru/grsi/67326-17/2020-mp67326-17.pdf>.
9. Устройство измерения параметров тормозных систем пассажирских составов УЗОТ-П. Методика поверки ЭТИН100.000.000.000 РЭ1. Видное, 2016. 11 с. URL: <https://www.ktopoverit.ru/prof/metodiki/65638-16.pdf>.
10. Описание типа средств измерений. Устройства испытания тормозного оборудования грузовых вагонов СИТОВ. 2014. 4 с. URL: <https://www.ktopoverit.ru/prof/opisanie/16686-08.pdf>.

References

1. GOST R 8.674-2009. State system for ensuring the uniformity of measurements. General requirements for measuring instruments and systems and devices with measuring function. Moscow : Standartinform, 2019. 11 p.
2. GOST 8.009-84. State system for ensuring the uniformity of measurements. Normalized metrological characteristics of measuring instruments. M. : Standartinform, 2006. 26 p.
3. GOST 8.401-80. State system for ensuring the uniformity of measurements. Accuracy classes of measuring instruments. General requirements. Moscow : Standartinform, 2010. 10 p.
4. GOST R 8.568-2017. State system for ensuring the uniformity of measurements. Certification of test equipment. The main provisions. M. : Standartinform, 2019. 12 p.
5. RMG 29-2013. The state system of ensuring the uniformity of measurements. Metrology. Basic terms and definitions. Moscow : Standartinform, 2014. 56 p.
6. On ensuring the uniformity of measurements : Federal Law No. 102-FZ of 06/26/2008 URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/?ysclid=lspuuj4sud648643084.
7. Description of the type of measuring instrument. Brake charging and testing devices with UZOT-RM registration. URL: <https://www.ktopoverit.ru/prof/opisanie/15284-13.pdf>.
8. Automated brake diagnostics systems for freight trains «ASDT». MP verification procedure 207.2-007-2016. Change No. 1. Moscow : FSUE VNIIMS, 2020. 6 p. URL: <https://saprd.ru/grsi/67326-17/2020-mp67326-17.pdf>.
9. The device for measuring the parameters of the braking systems of passenger trains UZOT-P. The verification procedure is 100.000.000.000 RE 1. Vidnoye, 2016. 11 p. URL: <https://www.ktopoverit.ru/prof/metodiki/65638-16.pdf>.
10. Description of the type of measuring instruments. Devices for testing the braking equipment of freight wagons of SITOV. 2014. 4 p. URL: <https://www.ktopoverit.ru/prof/opisanie/16686-08.pdf>.



**Сергей Валентинович
Бушуев**
Sergej V. Bushuev



**Николай Сергеевич
Голочалов**
Nikolaj S. Golochalov

Моделирование движения поезда на основе применения статистических данных

Train movement simulation based on the application of statistical data

Аннотация

В статье представлен подход к моделированию движения поезда на основе применения статистических данных о движении реальных поездов. Приведено сравнение методов машинного обучения для решения задачи прогнозирования ускорения поезда в зависимости от его массы, скорости, процента используемой силы тяги, уклона пути. Показана возможность повышения пропускной способности выходной горловины станции за счет увеличения процента используемой силы тяги локомотива при отправлении поездов.

Ключевые слова: пропускная способность, скорость, ускорение, моделирование, машинное обучение.

Abstract

The paper presents the approach to train movement simulation based on the application of real statistical data. A comparison of machine learning methods is presented for solving the problem of predicting the acceleration of a train depending on its mass, speed, percentage of traction force used, and track gradient. The possibility of increasing the throughput capacity of the station bottleneck by increasing the percentage of the locomotive traction force while trains departure is shown.

Keywords: throughput capacity, speed, acceleration, simulation, machine learning.

Авторы Authors

Сергей Валентинович Бушуев, канд. техн. наук, доцент, проректор по научной работе, Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: SBushuev@usurt.ru | Николай Сергеевич Голочалов, ассистент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: NGolochalov@usurt.ru

Sergej V. Bushuev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Vice-rector for Research, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: SBushuev@usurt.ru | Nikolaj S. Golochalov, Assistant Professor of the Department of Automation, Telemechanics and Communication on Railway Transport, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: NGolochalov@usurt.ru

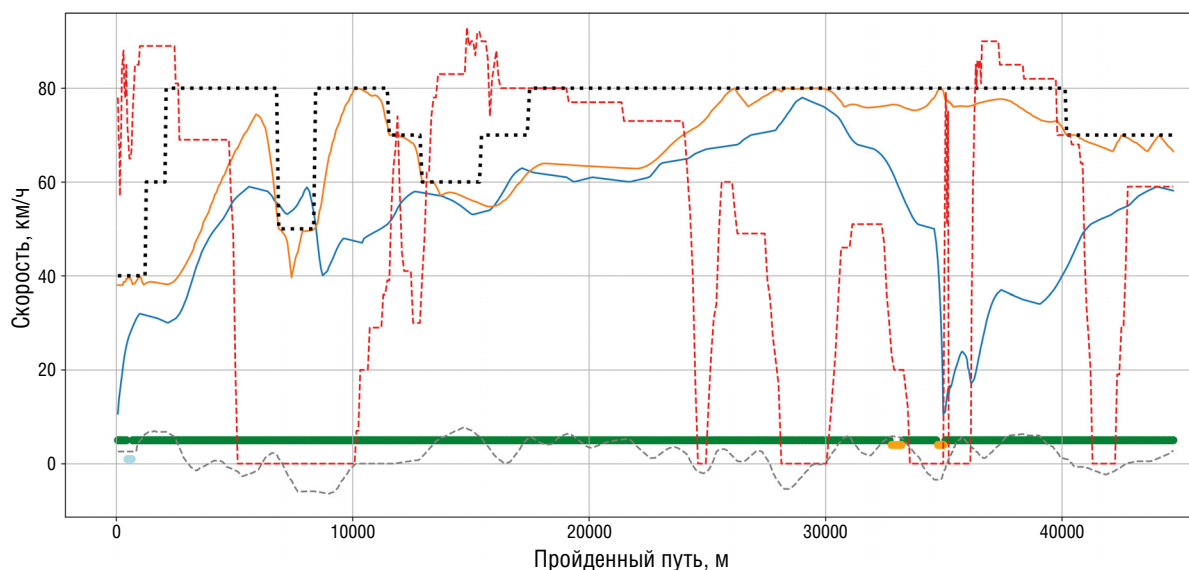


Рис. 1. Сравнение фактической и расчетной кривой скорости:
 — скорость фактическая; — скорость по тяговому расчету; — ограничение скоростей;
 — процент используемой силы тяги; — приведенный к длине поезда уклон пути;
 ● — код «З»; ● — код «Ж»; ● — код «КЖ»; ● — код Б

Постановка задачи

Задача повышения пропускной способности участков всегда актуальна. Одним из способов ее решения является увеличение скоростей движения поездов. Благодаря возрастанию ускорения, развиваемого локомотивом при отправлении, можно сократить интервал попутного отправления, а увеличение средней ходовой скорости приводит к сокращению времени хода поездов [1–4].

Для оценки возможностей локомотивов по реализации повышения скоростей проведен анализ статистики движения реальных поездов по грузонапряженным участкам Свердловской железной дороги. Данные получены из локомотивных регистраторов (РПС и РПМ) [5, 6].

Проведено сравнение фактических кривых скоростей движения поездов со значениями скорости из тяговых расчетов (рис. 1).

На рис. 1 представлен пример реализации расчетной кривой скорости при движении поезда на зеленый сигнал локомотивного светофора. По графику видно, что фактическая скорость почти всегда отстает от расчетной. Тяговые расчеты движения поездов выполняются с условием реализации 100 % тяговых возможностей локомотива [7, 8], однако, как показал анализ данных, в среднем фактическая скорость на 15,7 км/ч меньше скорости, полученной при выполнении тяговых расчетов. При вычислении разницы скоростей учитывалось движение поездов только на зеленый сигнал локомотивного светофора. Важно отметить, что разность скоростей может быть причиной несоответствия расчетной и наличной пропускной способности участка, выявляемой в процессе эксплуатации.

Возможной причиной разницы скоростей является неполное использование тягового ресурса локомотива машинистами (рис. 2).

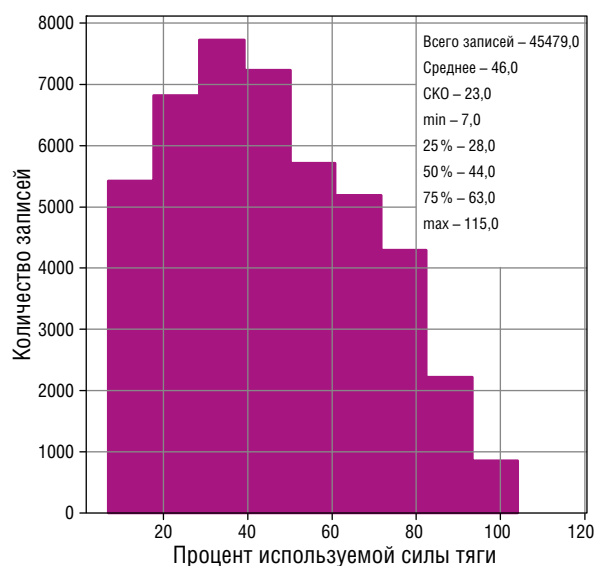


Рис. 2. Распределение процента используемой силы тяги

На рис. 2 представлено распределение процента используемой силы тяги, зафиксированного локомотивными системами. При обработке данных были исключены моменты стоянок поездов. Представленное распределение демонстрирует, что в 75 % всего движения машинисты используют не более 63 % силы тяги, однако данное распределение не позволяет сделать вывод о причинах.

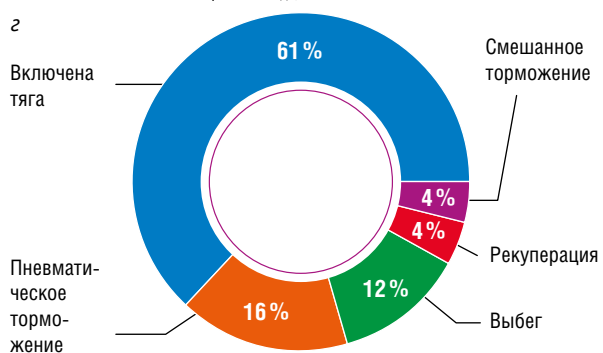
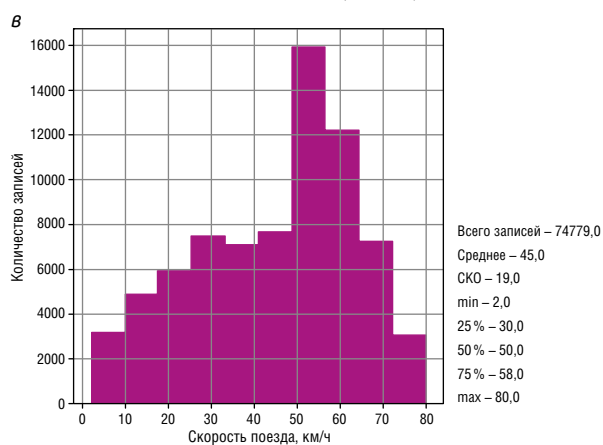
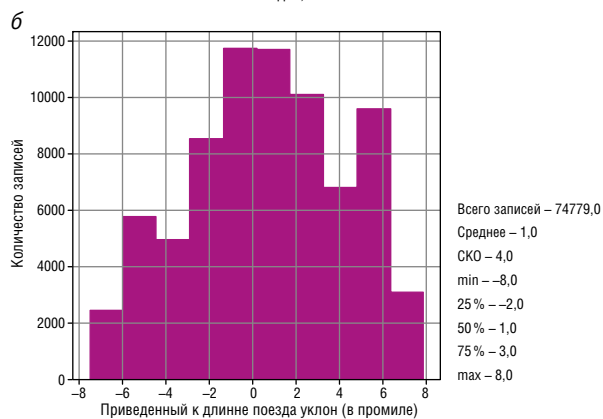
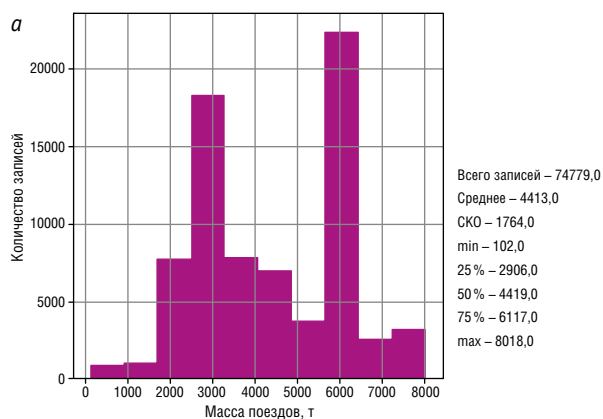


Рис. 3. Анализ данных о движении поездов: а — распределение массы поездов; б — распределение приведенного к длине поезда уклона пути; в — распределение скорости движения поездов; г — распределение режимов движения поездов

В связи с тем, что реальные поезда, как правило, не выполняют расчетную кривую скорости, и при этом существует возможность повышения скорости за счет увеличения использования силы тяги, возникает необходимость разработки метода моделирования движения поездов с возможностью гибкого изменения используемой силы тяги во время движения.

На основании имеющихся статистических данных можно определить взаимосвязь между ускорением поезда и процентом используемой силы тяги в зависимости от массы и скорости поезда, а также уклона пути. Для этого необходимо воспользоваться методами машинного обучения. Тогда, прогнозируя ускорение в зависимости от перечисленных факторов, можно будет вычислить скорость и пройденный путь поезда.

Анализ исходных данных

Для применения методов машинного обучения необходимо провести предварительную подготовку данных: определить наличие выбросов и тип распределения (рис. 3, а, б, в). Наилучшего результата от применения методов машинного обучения можно ожидать при низкой дисперсии и нормальном распределении исходных данных.

На рис. 3, а представлена гистограмма распределения массы поездов — распределение двумодальное, с пиками около 3000 т и 6000 т. Для дальнейшего анализа рассматривались записи о движении поездов массой от 5000 до 7000 т. Уменьшения дисперсии данных удалось достичь благодаря выделению режимов ведения поезда (рис. 3, г). Режимы торможения определялись по значениям давлений в тормозной магистрали и тормозных цилиндрах локомотива. Рекуперация фиксируется по отрицательному значению силы тяги.

Сравнение моделей машинного обучения

Прогнозирование ускорения в зависимости от значений массы поезда, скорости, уклона пути и процента используемой силы тяги относится к регрессионным задачам, для их решения существуют разные методы (табл. 1).

Для построения моделей машинного обучения и нейросети использованы библиотеки *Sklearn* и *Tensorflow* языка программирования *Python*.

Результаты моделей машинного обучения для прогнозирования ускорения в зависимости от параметров движения поезда (масса, скорость, уклон пути, давление в тормозной системе, процент используемой силы тяги) для разных режимов движения поезда представлены в табл. 2.

Таблица 1

Методы решения задачи регрессии

№	Название метода	Описание	Применение
1	<i>Linear Regression</i>	Модель строит линейную функцию, которая минимизирует сумму квадратов разностей между предсказанными и фактическими значениями	Хорошо работает, когда связь между признаками и целевой переменной линейна
2	<i>Lasso Cross-Validation</i>	Метод добавляет регуляризацию L1 к линейной регрессии, штрафует модель за большие значения коэффициентов	Используется для отбора признаков, когда необходимо учесть не все признаки
3	<i>Ridge</i>	Метод добавляет регуляризацию L2 к линейной регрессии	Эффективен при наличии мультиколлинеарности между признаками
4	<i>Elastic Net CV</i>	Метод является комбинацией L1 и L2 регуляризации. ElasticNetCV автоматически находит оптимальные параметры обеих регуляризаций с использованием кросс-валидации	Объединяет преимущества L1 и L2 регуляризации, решая проблемы отбора признаков и устойчивости к мультиколлинеарности
5	<i>Random Forest Regressor</i>	Строится несколько деревьев решений, предсказание модели получается путем усреднения или взвешенного усреднения предсказаний всех деревьев	Устойчив к выбросам, способен обрабатывать нелинейные связи между независимыми переменными
6	<i>Neural network</i>	Строится нейросеть, настраивается структура и функции активации нейронов, определяются методы оптимизации и обучения	Нейросети подходят для моделирования сложных и нелинейных взаимосвязей в данных

Таблица 2

Значение коэффициентов детерминации R^2 результатов решения регрессионной задачи различными методами (для поездов массой от 5000 до 7000 т)

№	Название метода	Включена тяга	Выбег	Пневматическое торможение	Рекуперация	Смешанное торможение
1	<i>Linear Regression</i>	0,66	0,84	0,31	0,72	0,53
2	<i>Lasso Cross-Validation</i>	0,66	0,84	0,31	0,72	0,53
3	<i>Ridge</i>	0,66	0,84	0,31	0,72	0,53
4	<i>Elastic Net CV</i>	0,66	0,84	0,31	0,72	0,53
5	<i>Random Forest Regressor</i>	0,83	0,85	0,60	0,8	0,69
6	<i>Neural network</i>	0,76	0,84	0,47	0,8	0,60

Наилучший результат для всех режимов движения поезда показал метод *Random Forest Regressor*. Наиболее сложными для прогнозирования ускорения поезда являются режимы пневматического торможения (торможение составом или локомотивом) и смешанного торможения (одновременное применение рекуперации и пневматического торможения составом и локомотивом). Это объясняется недостаточным объемом данных для обучения моделей.

Результаты моделирования разгона поезда

Воспользуемся обученной моделью *Random Forest Regressor* для прогнозирования ускорения разгона поезда при отправлении со станции и дальнейшего построения кривой скорости (рис. 4).

На рис. 4 представлены кривые скорости поезда массой 6224 т и длиной 850 м. Тяговый расчет выполнен для проследования по станции без остановки по боковому пути. Кривая скорости, спрогнозированная при условии 100 % использования силы тяги, проходит под кривой, построенной в результате тягового расчета, — это объясняется неполным совпадением расчетной и фактической ситуации, допустимыми отклонениями мощности локомотива, а также возможными погрешностями работы модели. При этом видно, что фактическая кривая проходит близко к кривой, смоделированной на использование 80 % силы тяги. Это объясняется тем, что при отправлении машинисты задействуют больше силы тяги, чем при движении на ходовой скорости. По полученным кривым можно оценить время освобождения хвостом поезда первого и второго участков удаления.

Полученные результаты (табл. 3) моделирования отправления поездов с применением регрессионной модели позволяют оценить уменьшение интервала попутного отправления поездов за счет сокращения времени освобождения хвостом поезда участков удаления. При отправлении на желтый сигнал и увеличении фактического использования силы тяги до 100 % возможно уменьшение интервала попутного отправления поездов до 11 %, при отправлении на зеленый сигнал — до 7 %.

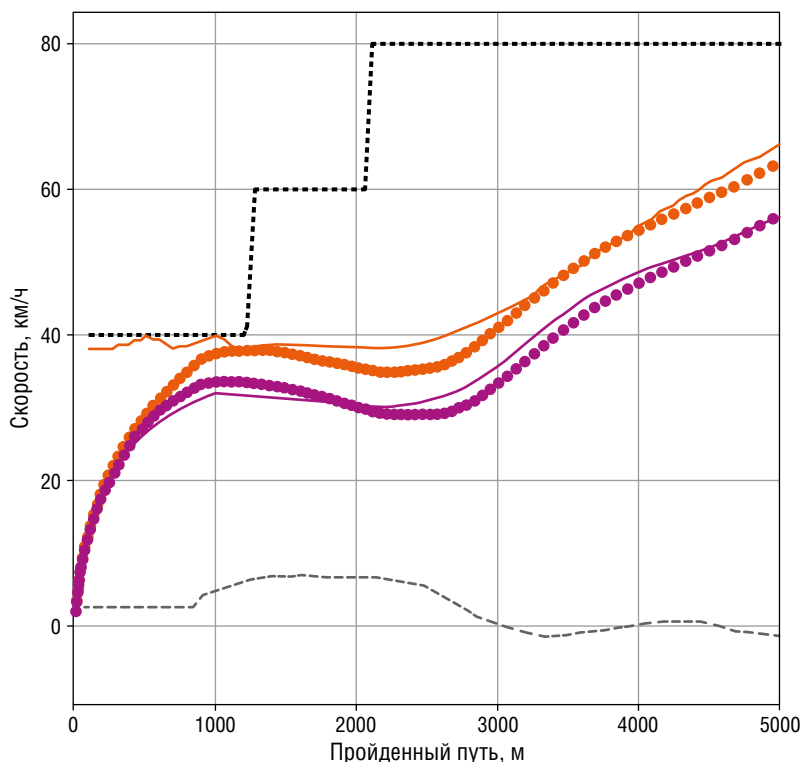


Рис. 4. Результат моделирования отправления поезда с использованием модели Random Forest Regressor:

— скорость по тяговому расчету; ● — прогнозируемые 100 % использование тяги;
 — фактическое изменение скорости; ● — прогнозируемые 80 % использование тяги;
 - - - - - ограничение скоростей; - · - · - · приведенный к длине поезда уклон пути

Представленные подходы позволяют разработать методику моделирования движения поездов с опорой на фактическое движение, которое, как правило, отличается от расчетного, на основании этого строятся имитационные модели, работают информационные системы планирования движения поездов.

Для построения всей кривой скорости с помощью прогнозирования ускорения необходимо улучшить качество моделей, описывающих торможение, а также решить задачу определения выбора режима ведения поезда с учетом постоянных и временных ограничений скорости. **IT**

Таблица 3

Сравнение времени освобождения хвостом поезда участков удаления при отправлении со станции

	Фактическая кривая скорости, мин	Прогнозируемая (80 % силы тяги), мин	Прогнозируемая (100 % силы тяги), мин	Изменение (100 % / факт.)
Освобождение первого участка удаления	6,6	6,6	5,8	-11 %
Освобождение второго участка удаления	9,2	9,3	8,6	-7 %

Список литературы

1. Бушуев С. В., Голочалов Н. С. Анализ способов повышения пропускной способности железных дорог // Транспорт Урала. 2023. № 1 (76). С. 42–50. ISSN 1815-9400. DOI: 10.20291/1815-9400-2023-1-42-50.
2. Бушуев С. В. Пути повышения провозной способности участков железных дорог // Автоматика на транспорте. 2022. Т. 8, № 4. С. 343–353. ISSN 2412-9186. DOI: 10.20295/2412-9186-2022-8-04-343-353.
3. Розенберг Е. Н., Озеров А. В., Панферов И. А. Комплексный подход к решению задачи повышения пропускной способности // Автоматика, связь, информатика. 2022. № 8. С. 2–6. ISSN 0005-2329. DOI: 10.34649/AT.2022.8.8.001.
4. Левин Д. Ю., Павлов В. Л. Расчет и использование пропускной способности железных дорог : монография. М. : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2011. 364 с.
5. Регистратор параметров САУТ (РПС). Руководство оператора 97Ц.06.00.00. РО. Екатеринбург : ООО «НПО САУТ», 2015. 89 с.
6. Бушуев С. В., Попов А. Н. Расстояние сближения поездов при организации движения по технологии виртуальной сцепки // Наука и образование транспорту. 2020. № 1. С. 273–275.
7. Курилкин Д. Н., Гриневич В. П. Совершенствование правил тяговых расчетов // Железнодорожный транспорт. 2023. № 2. С. 39–42. ISSN 0044-4448.
8. Правила тяговых расчетов для поездной работы : утв. распоряжением от 12 мая 2016 года № 867р / ОАО «РЖД». URL: <https://docs.cntd.ru/document/557088840>.

References

1. Bushuev S. V., Golochalov N. S. Analysis of ways to increase the capacity of railways // Transport of the Urals. 2023. No. 1 (76). P. 42–50. ISSN 1815-9400. DOI: 10.20291/1815-9400-2023-1-42-50.
2. Bushuev S. V. Ways to increase the carrying capacity of sections of the same roads // Automation in transport. 2022. Vol. 8, No. 4. P. 343–353. ISSN 2412-9186. DOI: 10.20295/2412-9186-2022-8-04-343-353.
3. Rosenberg E. N., Ozerov A. V., Panferov I. A. An integrated approach to solving the problem of increasing throughput // Automation, communication, informatics. 2022. No. 8. P. 2–6. ISSN 0005-2329. DOI: 10.34649/AT.2022.8.8.001.
4. Levin D. Yu., Pavlov V. L. Calculation and use of railway capacity : monograph. M. : Educational and Methodological Center for Education in Railway Transport, 2011. 364 p.
5. SAUT Parameter Recorder (RPS). Operator's Manual 97C.06.00.00. RO. Yekaterinburg : NPO SOUTH LLC, 2015. 89 p.
6. Bushuev S. V., Popov A. N. The distance of convergence of trains in the organization of movement using virtual coupling technology // Science and education for transport. 2020. No. 1. P. 273–275.
7. Kurilkin D. N., Grinevich V. P. Improving the rules of traction calculations // Railway transport. 2023. No. 2. P. 39–42. ISSN 0044-4448.
8. Rules of traction calculations for train operation : approved by Order No. 867r dated May 12, 2016 / JSC «Russian Railways». URL: <https://docs.cntd.ru/document/557088840>.



**Александр Николаевич
Антропов**

Aleksandr N. Antropov



**Татьяна Анатольевна
Антропова**

Tatyana A. Antropova

Пассажирский вагон: испытание и приемка тормоза

Passenger car: brake testing and acceptance

Аннотация

В статье раскрываются вопросы контроля тормозов пассажирского подвижного состава как способа повышения качества ремонта и снижения отказов тормозов вагонов в эксплуатации. Проанализирована существующая технология испытания и приемки тормозов пассажирского вагона при выпуске его из ремонта, сделаны выводы о ее эффективности и применимости с учетом конструктивных особенностей пассажирского тормозного оборудования.

Ключевые слова: тормозное оборудование, тормозная магистраль, давление, плотность, воздухораспределитель, пневматические процессы, электропневматический тормоз.

Abstract

The article reveals the issues of brake control of passenger rolling stock as a way to improve the quality of brakes repair and reduce failures of wagons in operation. The existing technology of testing and acceptance of passenger car brakes is analyzed, conclusions are drawn about its effectiveness and applicability, taking into account the design features of passenger-carrying braking equipment.

Keywords: brake equipment, brake line, pressure, density, air distributor, pneumatic processes, electro-pneumatic brake.

Авторы Authors

Александр Николаевич Антропов, канд. техн. наук, доцент кафедры «Вагоны», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Татьяна Анатольевна Антропова, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Aleksandr N. Antropov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Wagons, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg | Tatyana A. Antropova, Associate Professor of the Department of "Design and Operation of Automobiles", Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg

Все тормозное оборудование пассажирского вагона условно можно разделить на три части: механическая часть тормоза, автоматический пневматический тормоз, электропневматический тормоз.

К основным приборам автоматического пневматического тормоза относятся тормозной цилиндр, запасный резервуар, воздухораспределитель, магистральный трубопровод с концевыми кранами и соединительными рукавами, стоп-краны, выпускной клапан.

Пассажирский подвижной состав с 1952 г. оборудовался воздухораспределителями системы Матросова № 292–1. Конструкция прибора создавалась по схеме «скородействующего тройного клапана», который относится к автоматическим непрямодействующим тормозам [1].

Электропневматический тормоз работает совместно с воздухораспределителем на общий силовой орган — тормозной цилиндр, поэтому схема автоматического тормоза дополнена электровоздухораспределителем для электрического управления пневматическими процессами [2].

Механическая часть тормоза состоит из рычагов, тормозных тяг, авторегулятора, траверс и затяжек для передачи нажатия на тормозные колодки.

Перечисленные тормозные средства составляют инфраструктуру вагона, предназначенную для обеспечения расчетной тормозной эффективности при выполнении основного закона (базиса) безопасного качения колесных пар. Все работы по ремонту и техническому обслуживанию, включая монтаж, испытание и приемку тормозного оборудования пассажирского вагона, должны выполняться с соблюдением указанных условий. Поэтому технологический процесс операций по контролю параметров тормоза, его сборки и регулировки должен учитывать требования, предъявляемые к нему при ремонте тормозного оборудования и в эксплуатации, а также различные особенности тормозов пассажирского вагона. Порядок испытания и приемки тормозов пассажирских вагонов и технические требования на ремонт приборов установлены Общим руководством по ремонту тормозного оборудования вагонов 732-ЦВ-ЦЛ [3].

На сегодняшний день актуализация нормативно-технической документации является одной из первоочередных задач отрасли. Общее руководство по ремонту тормозного оборудования вагонов [3] также нуждается в корректировке и актуализации, что подтверждается периодическим внесением правок в данный нормативный документ Советом по железнодорожному транспорту. Подход по корректировке нормативного документа должен опираться на глубокую проработку требований, предъявляемых к тормозной технике в эксплуатации, знание ее конструкции, путей совершенствования и развития. В статье рассматривается одна из технологических операций, изложенных в Общем руководстве по ремонту тормозного оборудования вагонов, а именно испыта-

ние и приемка тормозов. Ниже приведены предложения по корректировке алгоритма проведения приемки тормозов пассажирского вагона при его выпуске из планового ремонта.

Для испытания и приемки тормоза следует зарядить тормозную магистраль вагона до величины нормального зарядного давления 5,0–5,2 кгс/см². По окончании полной зарядки следует проверить плотность тормозной магистрали. По аналогии с условиями эксплуатации должна проверяться плотность всей пневматической сети, без отключения воздухораспределителя, что позволит проверить герметичность фланцевых креплений приборов (воздухораспределителя и электровоздухораспределителя).

Далее проверяется действие автоматического тормоза пассажирского вагона. Работу такого прибора, как воздухораспределитель, можно оценивать с точки зрения точности принятия команд, поступающих по цепи управления (в случае с электропневматическим тормозом), или от тормозной магистрали (в случае с автоматическим тормозом). И конечно, помимо восприятия команд, оценивается способность их выполнения. Устойчивость воздухораспределителя в заряженном состоянии, по сути, означает стабильность работы в отпускном положении, без самопроизвольного торможения; устойчивая работа прибора после осуществления служебного торможения в положении перекрыши означает отсутствие самопроизвольного отпуска. Неустойчивая работа воздухораспределителя при перекрыши напрямую связана с различного рода утечками из рабочих объемов прибора.

На рис. 1 представлена упрощенная схема воздухораспределителя пассажирского типа (несмотря на некоторые конструктивные отличия воздухораспределителей № 292 и № 242, принцип их действия и пневматическая схема практически идентичны). Расположение рабочих органов и пневматические связи рабочих объемов соответствуют состоянию перекрыши после служебного торможения. Принцип действия пассажирского воздухораспределителя основан на перепаде двух давлений относительно друг друга, когда в зависимости от давления в тормозной магистрали и в запасном резервуаре перемещается подвижная перегородка (главный поршень).

После осуществления служебного торможения в положении перекрыши, как представлено на рис. 1, пневматическая связь тормозной магистрали и запасного резервуара отсутствует, поэтому наличие утечки в тормозном цилиндре ТЦ или в запасном резервуаре ЗР приведет к самопроизвольному отпуску тормозов пассажирского вагона.

При утечке в ЗР там происходит снижение давления, что влечет за собой перемещение поршня магистральной камеры в положение, когда ТЦ принудительно со-общается с атмосферным каналом и происходит отпуск.

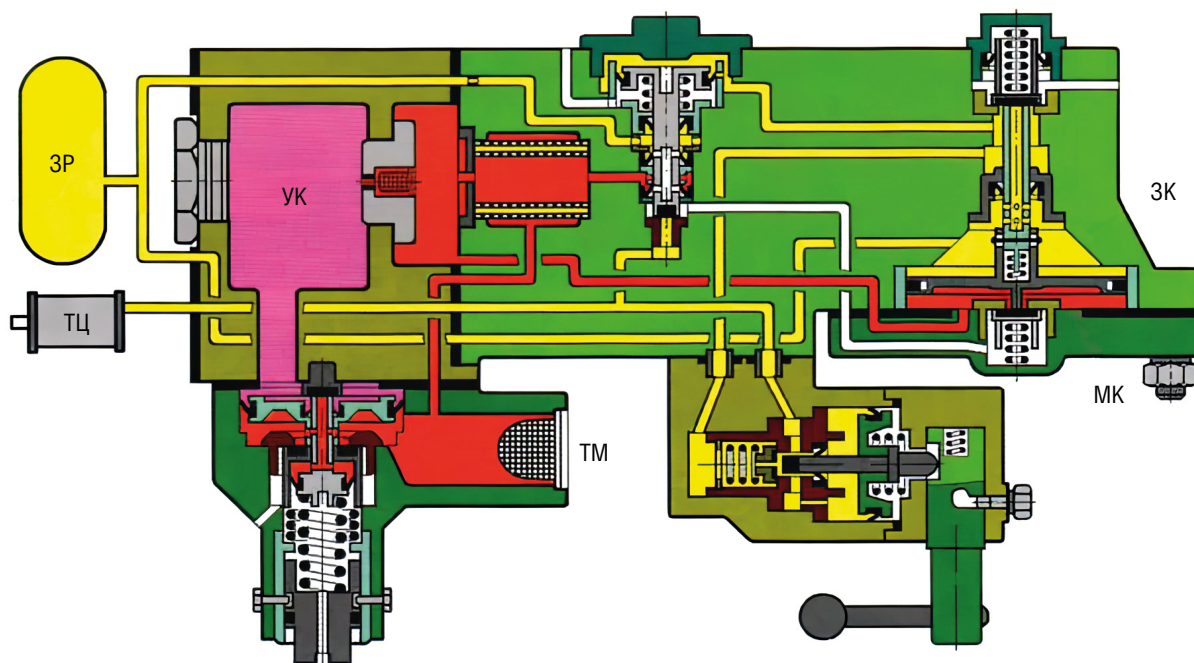


Рис. 1. Пневматическая схема воздухораспределителя № 242 в положении перекрыши

При утечке в ТЦ будет понижаться давление в самом цилиндре, что напрямую приведет к отпуску тормозов вагона.

При утечке в ТЦ отпуск происходит после полного выхода сжатого воздуха из прибора в течение определенного времени, а при наличии утечки в ЗР отпуск происходит по достижении определенного перепада давления, вызывающего смещение главного поршня в сторону отпуска, с дальнейшим принудительным сообщением ТЦ с атмосферой.

После оценки тормоза на устойчивость действия необходимо оценить его «неистоцимость». При этом само понятие «оценка неистоцимости» применимо к пассажирской тормозной системе только в ее состоянии после экстренного торможения. Именно состояние экстренного торможения характеризуется в пассажирском воздухораспределителе (ВР) объединением объемов тормозного цилиндра и запасного резервуара в один общий объем при полном отсутствии сжатого воздуха в тормозной магистрали. В этом случае неистоцимость тормоза оценивается по времени сохранения тормозного эффекта, которое, в свою очередь, зависит от утечек в тормозном цилиндре и запасном резервуаре, и, соответственно, темпов снижения давления в общем объеме этих приборов. Получается, что время сохранения тормозного эффекта у пассажирского автоматического тормоза после экстренного торможения определяется только степенью герметичности его составных частей.

Проверка устойчивости действия и степени неистоцимости тормоза производится после выполнения ступенчатого и экстренного торможения. При этом долж-

ны проверяться такие параметры тормоза, как максимальное давление в ТЦ после экстренного торможения и длина выхода его штока, а также давление при ступени торможения. У пассажирской тормозной системы эти параметры связаны между собой:

$$p_{ц} = \frac{V_{зр} p_3 - V_{ц}}{V_{зр} + V_{ц}}, \quad (1)$$

где $p_{ц}$ — давление в тормозном цилиндре; $V_{ц}$ — объем тормозного цилиндра при торможении; $V_{зр}$ — объем запасного резервуара; p_3 — зарядное давление.

Объем тормозного цилиндра определяется следующим образом:

$$V_{ц} = S l_{шт}, \quad (2)$$

поэтому давление в ТЦ при экстренном торможении напрямую зависит от выхода штока $l_{шт}$.

При выполнении ступени торможения давление в тормозном цилиндре определяется также по данной зависимости:

$$p_{ц} = \frac{\Delta p V_{зр} - V_{ц}}{V_{ц}}, \quad (3)$$

где Δp — величина понижения давления в ТМ при ступенчатом торможении.

Отличительная конструктивная особенность воздухо-распределителя, работа которого основана на перепаде двух давлений, состоит в том, что он наполняет тормоз-

ной цилиндр сжатым воздухом из запасного резервуара пропорционально величине ступени торможения Δp .

Пассажирский автоматический тормоз весьма прост в части расчета пневматических процессов. Результаты расчетов обычно представляют в виде номограмм, которые позволяют легко и просто определять параметры торможения для различных условий.

Так, при снижении давления в тормозной магистрали на величину $0,5 \text{ кгс/см}^2$ (выполнение ступени торможения) в запасном резервуаре давление снизится на такую же величину. Давление в тормозном цилиндре при этом будет зависеть от его объема, а значит, от длины выхода штока ТЦ. Например, при выходе штока 100 мм давление составит величину $2,8 \text{ кгс/см}^2$, при выходе штока 200 мм — $0,9 \text{ кгс/см}^2$; таким же образом определяется давление в ТЦ при нормативном выходе штока 130 и 160 мм.

Анализируя пневматические процессы пассажирской тормозной системы, необходимо отметить, что давление в тормозном цилиндре при выполнении ступенчатого торможения не зависит напрямую от зарядного давления в ТМ и в ЗР. При этом во время выполнения полного служебного торможения (ПСТ) происходит выравнивание давлений в тормозном цилиндре и запасном резервуаре. Существенное влияние выход штока оказывает на величину давления в ТЦ при ступени торможения, что создает условия для возникновения продольно-динамических реакций вследствие различия удельных тормозных сил в составе поезда.

С одной стороны, пневматические процессы тормозной системы обусловлены зарядным давлением и глубиной разрядки ТМ при выполнении торможения, с другой — на итоговый результат влияет зависимость давления в тормозном цилиндре от его выхода штока.

Во время испытания и приемки тормозов пассажирского вагона измеряется и регистрируется давление в тормозном цилиндре и в тормозной магистрали. Этим двух параметров вполне достаточно, чтобы при известном объеме запасного резервуара (78 л) определять выход штока по формулам (размерность давления приведена в кгс/см^2):

- при ступени торможения:

$$l_{\text{шт}} = 78 \frac{\Delta p}{p_{\text{ц}} + 1}; \quad (4)$$

- при полном служебном торможении:

$$l_{\text{шт}} = 78 \frac{p_3 - p_{\text{ц}}}{p_{\text{ц}} + 1}, \quad (5)$$

где 1 — атмосферное давление, равное 1 кгс/см^2 .

Таким образом, при приемке тормозов пассажирского вагона необязательно измерять выход штока тормозного цилиндра при помощи датчиков расстояния или

посредством инструментального контроля. Достаточно располагать известными пневматическими параметрами, а именно давлением в ТЦ и в ТМ, чтобы достоверно определять длину выхода штока ТЦ расчетным путем.

Кроме этого, данный способ позволяет определять жесткость тормозной рычажной передачи вагона, т.е. ее силовую характеристику:

$$Z_{\text{трп}} = \frac{\Delta p_{\text{ц}}}{\Delta l_{\text{шт}}}, \quad (6)$$

где $\Delta p_{\text{ц}}$ — разница между давлением в тормозном цилиндре после полного служебного (или экстренного) торможения и после ступени торможения; $\Delta l_{\text{шт}}$ — разница между выходом штока тормозного цилиндра после полного служебного (или экстренного) торможения и после ступени торможения.

Если величина давления после полного служебного (экстренного) торможения оказалась больше величины давления после ступени торможения, то увеличение хода штока в этом случае является признаком правильной сборки и нормальной работы тормозной рычажной передачи.

Как свидетельствует практика, в некоторых случаях возникают затруднения при приемке тормозного оборудования, обусловленные недостаточным давлением в питательной сети депо. Результаты проведенных исследований убедительно доказывают, что качественную и надежную приемку тормозов пассажирского вагона можно проводить и при пониженном зарядном давлении, благодаря полученным зависимостям. Как следует из приведенных выше формул, давление в ТЦ при ступени торможения определяется только выходом штока; максимальное давление при полном служебном (или экстренном) торможении можно определить при известном выходе штока и установленном зарядном давлении. Получается, что схема тормоза создает условия для определения зависимости между параметрами его функционирования.

При новых тормозных колодках сборка тормозной рычажной передачи должна проводиться таким образом, чтобы исключалась всякая возможность потери тормозной эффективности вследствие упора внутренней головки тяги в кронштейн подвески рычага. Это может быть достигнуто установкой максимального расстояния между указанными элементами тормоза.

После сборки тормозной рычажной передачи необходимо убедиться в наличии зазоров между тормозными колодками и колесами, которые не должны превышать 5–7 мм, и проверить углы расположения рычагов, которые не должны отклоняться более чем на 30° .

Электропневматический тормоз (ЭПТ) вагона содержит цепь управления в составе рабочего и контрольного проводов. Целостность рабочего провода проверяется по результатам контроля всей цепи управления

с участием контрольного провода, от состояния которого зависит общий результат контроля. Контроль цепи управления производится в состоянии отпуска электропневматического тормоза. Применение дублированного питания, когда при управлении ЭПТ в качестве силового используется также контрольный провод, требует отдельной проверки питательной способности контрольного провода.

Подводя итог, можно выделить основные пункты проверки тормозного оборудования пассажирского вагона и их технологические особенности:

1. Первый пункт проверки тормоза вагона — проверка плотности воздухопровода. Для этого следует зарядить магистральный воздухопровод сжатым воздухом до давления 5,0–5,2 кгс/см² при выключенном воздухораспределителе; отключить воздухопровод от магистрального резервуара разобщительным краном; наблюдать за падением давления в воздухопроводе, которое не должно превышать 0,1 кгс/см² в течение 5 минут.

2. Второй пункт проверки — действие пневматического тормоза. С помощью испытательной установки заряжают тормозную систему вагона в течение не менее 4 минут, после чего понижают давление в тормозной магистрали на 0,4–0,5 кгс/см² — проверка действия при ступени торможения. Тормоз вагона при этом должен при-

йти в действие. Продолжительность выдержки ступени торможения (устойчивость действия) должна быть не менее 3 минут. Проверка отпуска производится повышением давления в тормозной магистрали на 0,2–0,3 кгс/см².

Дальнейшие проверки — контроль давления в тормозном цилиндре и плотность ТЦ — можно совместить в целях экономии времени. После экстренного торможения необходимо определить давление в тормозном цилиндре, проверить выход штока и измерить плотность тормозного цилиндра по темпу понижения давления. Максимально допустимая утечка — 0,1 кгс/см² за 5 минут. Далее нужно повысить давление в магистрали до 4,4–4,5 кгс/см² и проверить отпуск тормоза, после чего проверить действие выпускного клапана и каждого стоп-крана, а также действие регулятора тормозной рычажной передачи.

3. Третий пункт проверки — испытание ЭПТ. При испытании электропневматического тормоза необходимо проверить правильность включения в электрическую цепь катушек электровоздухораспределителя; далее проверить действие тормоза при ступенчатом торможении; проверить действие тормоза при полном служебном торможении и в положении перекрыши; проверить действие тормоза при ступенчатом отпуске; проверить действие тормоза при полном отпуске. **ИТ**

Список литературы

1. Клыков Е. В., Крылов В. И., Виноградов В. М. Автоматический тормоз системы Матросова МТЗ-135. М. : Трансжелдориздат, 1956. 148 с.
2. Албегов Н. А., Фокин М. Д., Ясенцев В. Ф. Электропневматические тормоза : научное издание. 5-е изд., перераб. и доп. М. : Транспорт, 1974. 232 с.
3. Общее руководство по ремонту тормозного оборудования вагонов 732-ЦВ-ЦЛ : утв. пятьдесят четвертым Советом по железнодорожному транспорту государств — участников Содружества. Екатеринбург : УралЮрИздат, 2020. 352 с. URL: <https://base.garant.ru/71211938>.

References

1. Klykov E. V., Krylov V. I., Vinogradov V. M. Automatic brake of the Matrosov MTZ-135 system. Moscow : Transzheldorizdat, 1956. 148 p.
2. Albegov N. A., Fokin M. D., Yasentsev V. F. Electropneumatic brakes: a scientific publication. 5th ed., reprint. and additional M. : Transport, 1974. 232 p.
3. General manual for the repair of braking equipment of wagons 732-CV-CL : approved by the fifty-fourth Council for Railway Transport of the Commonwealth member States. Yekaterinburg : UralUrIzdat, 2020. 352 p. URL: <https://base.garant.ru/71211938/>



Елена Геннадьевна
Филиппова

Elena G. Filippova



Виктор Максимович
Чагин

Victor M. Chagin

Транспортная задача перевозки зерна из Южного федерального округа в Уральский регион в сетевой постановке

The problem of transporting grain from the Southern Federal District to the Ural District in a network setting

Аннотация

В работе представлено решение задачи перевозки зерна из Южного федерального округа в Уральский регион. Для постановки транспортной задачи и ее решения проведен анализ данных по сбору пшеницы по округам РФ. На основе статистических данных о населении и нормах потребления пшеницы составлена таблица потребностей по областям УрФО. При решении транспортной задачи получен оптимальный план перевозки пшеницы из ЮФО в УрФО.

Ключевые слова: Южный федеральный округ (ЮФО), Уральский федеральный округ (УрФО), вагон-хоппер, транспортная задача, оптимизация, опорный план, оптимальный план, метод потенциалов.

Abstract

The paper presents a solution to the problem of transporting grain from the Southern Federal District to the Ural District. An analysis of data on wheat harvest in districts of the Russian Federation was carried out to formulate the transport problem and to solve it. The statistical data on the population and standards of wheat consumption became the basis for compiling a table of needs in the Urals Federal District. Solution of a transport problem helps to obtain an optimal plan for transporting wheat from the Southern Federal District to the Urals Federal District.

Keywords: Southern Federal District (SFD), Ural Federal District (Ural Federal District), hopper car, transport problem, optimization, reference plan, optimal plan, potential method.

Авторы | Authors

Елена Геннадьевна Филиппова, старший преподаватель кафедры «Естественнонаучные дисциплины», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Виктор Максимович Чагин, студент 3 курса, Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Elena G. Filippova, Senior Lecturer of Natural Sciences Department, the Ural State University for Railway Transport (USURT), Ekaterinburg | Victor M. Chagin, 3d year student, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg

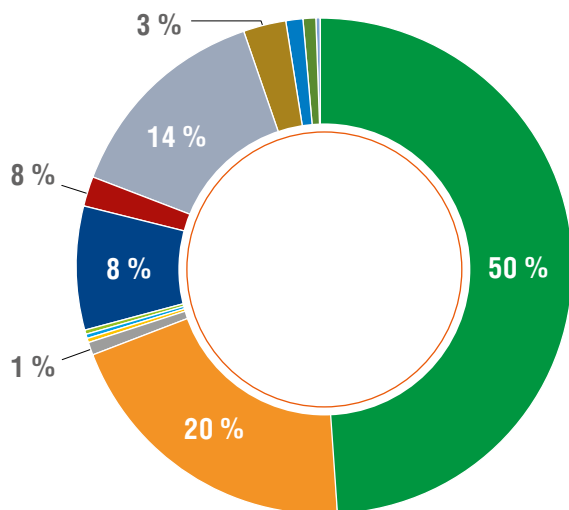


Рис. 1. Статистика объемов зерна, выращенного в России в 2022 г., в процентном соотношении [2]:

- — пшеница озимая;
- — пшеница яровая;
- — рожь озимая;
- — рожь яровая;
- — тритикале озимая;
- — тритикале яровая;
- — кукуруза на зерно;
- — ячмень озимый;
- — ячмень яровой;
- — овес;
- — рис;
- — гречиха;
- — просо

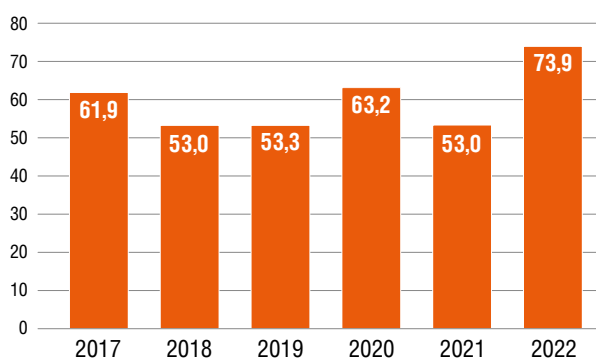


Рис. 2. Динамика сбора пшеницы в России за 6 лет, млн т

Сельское хозяйство является ключевой отраслью экономики Российской Федерации и играет важную роль в повседневной жизни каждого человека. Представить свою жизнь без хлеба, овощей, различных круп и продукции животноводства практически невозможно. Одной из наиболее значимых сельскохозяйственных отраслей является растениеводство, которое приносит государству 58 % всей прибыли от сельского хозяйства [1]. Среди множества направлений растениеводства для исследования было выбрано зерновое хозяйство.

На полях России выращивается более 15 видов зерновых культур, но абсолютным лидером среди них является озимая пшеница (рис. 1).

На протяжении последних лет Россия занимает лидирующие позиции в мировом экспорте зерна. География экспорта российского зерна охватывает страны Азии, Африки и Ближнего Востока [3]. На внешнем рынке лидером экспортных поставок ежегодно выступает пшеница. Визуализация объемов сбора пшеницы с 2017 по 2022 г. представлена на рис. 2.

Географические, а следовательно, и климатические условия России не позволяют выращивать пшеницу на всей территории нашей страны. Как показывает статистика [2], основные посевные площади сосредоточены в южной и центральной частях РФ (табл. 1), тогда как в остальных областях наблюдается дефицит этого вида злаковой культуры. Возникает проблема: как наиболее оптимально с точки зрения логистики и экономически выгодно обеспечить всю Россию зерном.

В Уральском федеральном округе сборы озимой пшеницы — одни из самых низких в России, что несопоставимо с населением округа более чем в 12 млн человек. В связи с этим рассмотрена транспортная задача перевозки зерна из Южного федерального округа, как наиболее урожайного, в Уральский федеральный округ.

Таблица 1

Сборы озимой пшеницы в округах России в 2022 г., тыс. ц

Федеральный округ	Посевные площади, тыс. га	Урожай, тыс. ц
Южный федеральный округ	6 863,40	326 603,10
Центральный федеральный округ	3 903,00	200 320,80
Приволжский федеральный округ	3 484,00	138 310,20
Северо-Кавказский федеральный округ	2 068,30	79 605,50
Северо-Западный федеральный округ	128,4	6 562,20
Сибирский федеральный округ	228,5	6 297,90
Уральский федеральный округ	16,5	447,3
Дальневосточный федеральный округ	0,2	5,4

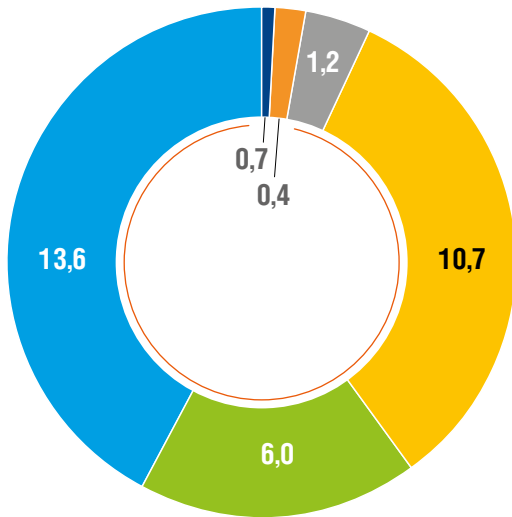


Рис. 3. Лидеры по урожайности пшеницы ЮФО в 2022 г., млн т:
 ■ — Республика Адыгея; ■ — Республика Калмыкия;
 ■ — Республика Крым; ■ — Краснодарский край;
 ■ — Ростовская область ■ — Волгоградская область

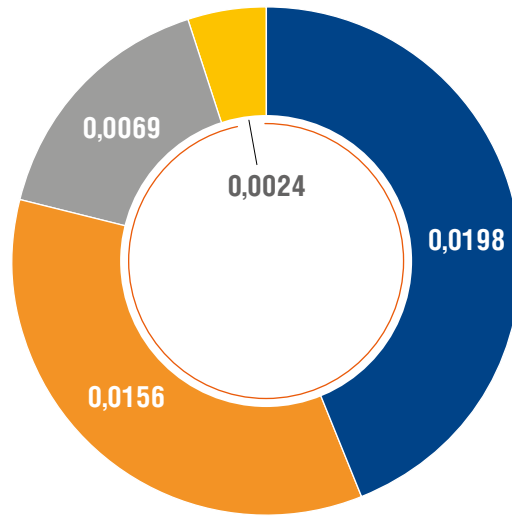


Рис. 4. Сборы пшеницы в УрФО в 2022 г., млн т:
 ■ — Челябинская область; ■ — Курганская область;
 ■ — Тюменская область; ■ — Свердловская область

Таблица 2

Потребности областей УрФО в пшенице

Области УрФО	Сборы в 2022 г., т	Численность населения, чел.	Потребность, млн т
Свердловская область	2380	4239161	1,7
Тюменская область	6950	3851234	1,5
Челябинская область	19820	3407150	1,3
ХМАО–Югра	0	1729500	0,7
Курганская область	15580	761586	0,3
ЯНАО	0	512387	0,2

Лидеры по урожайности пшеницы в Южном федеральном округе представлены на рис. 3, а на рис. 4 для наглядного сравнения изображена диаграмма сбора пшеницы в Уральском регионе.

В качестве математического инструментария воспользуемся задачей линейного программирования — транспортной задачей на сети. Транспортная задача позволяет составить оптимальный план перевозки груза, используя при этом необходимый критерий оптимальности (по стоимости перевозки, по тарифу, по времени и т.д.) [4, 5]. Прямоугольные вершины сети — это три региона-поставщика, откуда будет перевозиться пшеница (Ростовская область, Краснодарский край и Волгоградская область), круглые вершины сети — области Уральского округа, выступающие в роли потребителей. В качестве ребер рассмотрим сеть железных дорог, которая связывает элеваторы (станции) Южного федерального округа с соответствующими элеваторами (станци-

ями) Уральского региона. Длина такого ребра отождествляется с расстоянием.

При решении задачи транспортировки зерна предполагается, что все перевозки будут осуществляться на железнодорожном транспорте (как на самом быстром грузовом виде транспорта с невысокой стоимостью перевозки) в вагонах-хопперах, так как они идеально подходят для массовых доставок сыпучих грузов, а также погрузки или разгрузки их на элеваторах. Для определения стоимости и объемов перевозки необходима информация о потребности населения в пшенице. Согласно [6], в среднем на душу населения необходимо около 400 кг пшеницы в год, и это не только хлебобулочная продукция, но и макаронные изделия, крупы, а также корм для скота. Потребность населения в пшенице определяет вес груза, который необходимо доставить от поставщика потребителю (из ЮФО в УрФО). Все необходимые для расчетов данные приведены в табл. 2.

Матрица расстояний между элеваторами, км

	Краснодарский край (ст. А)	Ростовская обл. (ст. Б)	Волгоградская обл. (ст. В)	Свердловская обл. (ст. Г)	Челябинская обл. (ст. Д)	Курганская обл. (ст. Е)	Тюменская обл. (ст. Ж)	ХМАО (ст. З)	ЯНАО (ст. И)
Краснодарский край (ст. А)	0	426	566	2623	2432	2736	3005	3613	4313
Ростовская обл. (ст. Б)	426	0	140	2214	2023	2327	2596	3204	3904
Волгоградская обл. (ст. В)	566	140	0	2074	1883	2187	2456	3064	3764
Свердловская обл. (ст. Г)	2623	2214	2074	0	503	342	434	1042	1742
Челябинская обл. (ст. Д)	2432	2023	1883	503	0	519	788	1396	2096
Курганская обл. (ст. Е)	2736	2327	2187	342	519	0	627	1235	1935
Тюменская обл. (ст. Ж)	3005	2596	2456	434	788	627	0	786	1486
ХМАО (ст. З)	3613	3204	3064	1042	1396	1235	786	0	700
ЯНАО (ст. И)	4313	3904	3764	1742	2096	1935	1486	700	0

Для составления транспортной задачи в сетевой форме нужно знать расстояния между вершинами сети. Для этого воспользуемся тарифным руководством [7], в котором представлены расстояния между станциями и опорными пунктами на железных дорогах России. На основе этих данных составлена матрица расстояний (табл. 3).

Важной составляющей решения задачи перевозки зерна является минимизация затрат на перевозку. Рассмотрим целевую функцию (1), вычисляющую суммарные затраты на перевозку:

$$F = \sum_{i,j} \frac{m_{ij}}{g} \cdot \left[\frac{d_{ij}}{v} \right] \cdot C \rightarrow \min, \quad (1)$$

где m_{ij} — вес груза, доставляемого из пункта i в j , млн т; d_{ij} — расстояние от пункта i до пункта j , км; g — грузоподъемность вагона-хоппера, $g = 80$ т; v — скорость

грузового поезда, км/сут, $v = 630$ км/сут; C — стоимость аренды хоппера в сутки, руб., $C = 1500$ руб. Процесс оптимизации в данном случае сводится к минимизации затрат на транспортировку зерна из ЮФО в УрФО.

Профицит пшеницы в Ростовской области, Краснодарском крае и Волгоградской области позволяет не только удовлетворить потребности в данном виде зерна в УрФО, но и вести активную экспортную деятельность со странами Южной Америки, Африки и Азии. Для решения транспортной задачи предположим, что с элеваторов Ростовской области можно вывезти 2 млн т, а с элеваторов Краснодарского края и Волгоградской области — 2 и 1,7 млн т пшеницы соответственно. Таким образом, полученная транспортная задача является закрытой, т.е. суммарные запасы в областях Южного федерального округа равны суммарным потребностям в областях Уральского федерального округа. С учетом данных табл. 2 и 3 задача в сетевой постановке имеет вид, представленный на рис. 5.

При решении поставленной задачи был составлен опорный план (рис. 6.), в соответствии с которым по формуле (1) вычислены суммарные затраты на перевозку зерна по железной дороге до мест назначения с учетом аренды вагонов-хопперов. Если перевозить зерно в соответствующих опорному плану объемах, то значение целевой функции, выражающей затраты на транспортировку, составит $F = 553,125$ млн рублей.

Следующим этапом исследования стала оптимизация плана перевозки с целью уменьшения расходов. В результате двух циклов перерасчета [4, 8] получен новый план, и доказана его оптимальность. Итоговый план перевозки зерна по железной дороге из ЮФО в УрФО представлен на рис. 7, объемы и направления перевозок на сети выделены красным цветом.

Необходимо отметить, что зерно из Ростовской области выгоднее везти по железной дороге не сразу на Урал, а организовать перевозку транзитом через Волгоградскую область в Свердловскую область, затем в Тюменскую область, ХМАО и ЯНАО. Перевозку пшеницы в Курганскую область экономически целесообразно осуществлять из Волгоградской области через Челябинскую.

Суммарные затраты на железнодорожную перевозку зерна, согласно целевой функции оптимального плана, составят 547,5 млн рублей. Применение метода потенциалов при решении задачи привело к снижению суммарных затрат более чем на 5 млн рублей.

Таким образом, задача логистически оптимальной перевозки зерна имеет важное социально-экономическое значение для России. В данном исследовании на основе метода потенциалов составлен и оптимизирован план железнодорожных перевозок озимой пшеницы из Южного федерального округа в области УрФО, который позволяет максимально эффективно и экономически выгодно обеспечить пшеницей нуждающиеся регионы. **ИТ**

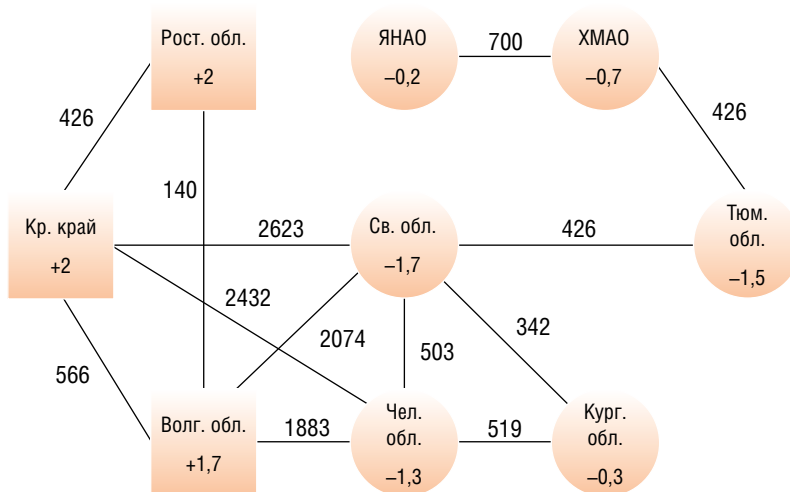


Рис. 5. Транспортная задача в сетевой постановке

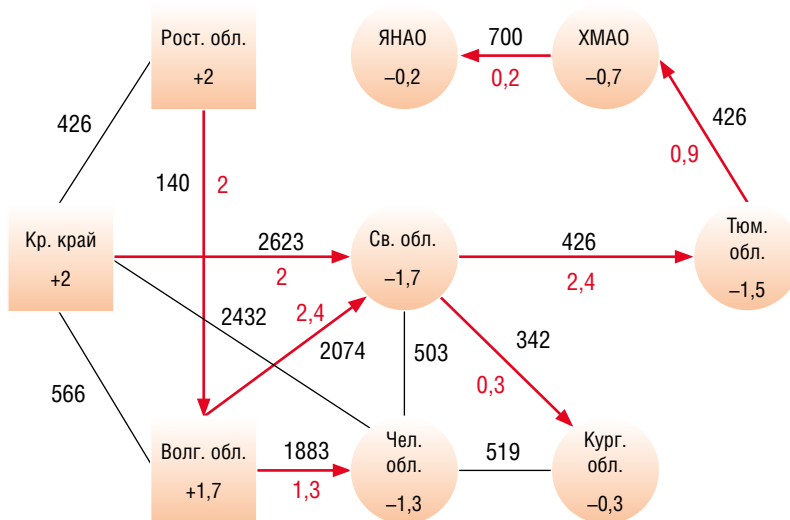


Рис. 6. Опорный план

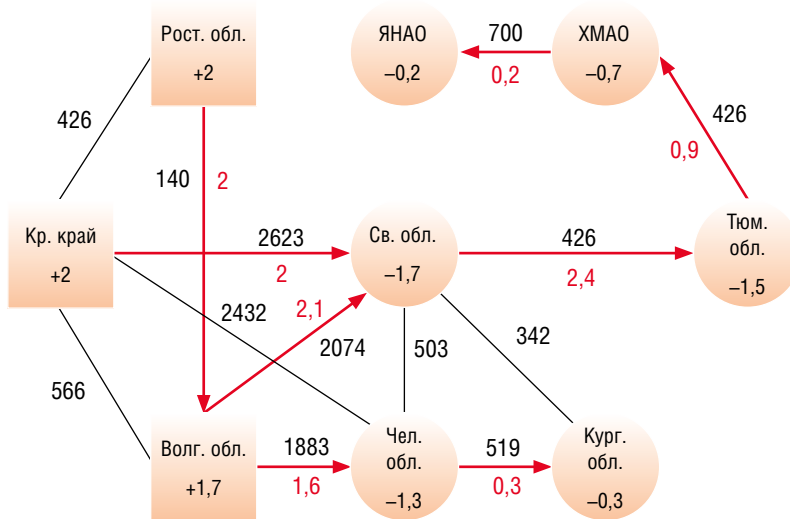


Рис. 7. Оптимальный план перевозки зерна

Список литературы

1. Объем продукции и индексы производства продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств по Российской Федерации // Федеральная служба государственной статистики : официальный сайт. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (дата обращения: 23.01.2024).
2. Посевные площади, валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур в Российской Федерации // Федеральная служба государственной статистики : официальный сайт. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/29_cx_predv_2022.xlsx (дата обращения 29.01.2024).
3. Мартыненко А. В., Филиппова Е. Г. Транспортно-логистическая составляющая роста российского зернового экспорта // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2019. № 3. С. 15–22. EDN : JEQPXT.
4. Скачков П. П., Пирогова И. Н. Транспортная задача линейного программирования : методическая разработка. Екатеринбург : УрГУПС, 2004. 46 с.
5. Филиппова Е. Г. План перевозки гуманитарной помощи в зону паводка на основе транспортной задачи // Заметки ученого. 2023. № 7. С. 328–333. ISSN 2713-0142. EDN : KAPKAD.
6. Растениеводство : учебное пособие. В 3 ч. Ч. 1. Зерновые и зерновые бобовые культуры / В. М. Федорова, Н. Н. Яrkova, С. Л. Елисеев; под ред. С. Л. Елисеева. Пермь : ИПЦ «Прокрост», 2014. 112 с.
7. Тарифное руководство № 4 (ред. от 08.06.2021). Кн. 2. Ч. 1. Алфавитный список железнодорожных станций // КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_66064/34d0fc3f7dcf3752e71eeb53ae8816d2e530b4bb/ (дата обращения 02.02.2024).
8. Красс М. С., Чупрынов Б. П. Основы математики и ее приложения в экономическом образовании : учебник для вузов. М. : Дело, 2001. 688 с.

References

1. Volume of production and indices of agricultural production by categories of farms in the Russian Federation // Federal State Statistics Service : official website. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (accessed: 01/23/2024).
2. Acreage, gross yields and crop yields in the Russian Federation // Federal State Statistics Service : official website. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/29_cx_predv_2022.xlsx (accessed: 29.01.2024).
3. Martynenko A. V., Filippova E. G. Transport and logistics component of the growth of Russian grain exports // Competitiveness in the global world: economics, science, technology. 2019. No. 3. P. 15–22. EDN : JEQPXT.
4. Skachkov P. P., Pirogova I. N. The transport problem of linear programming : methodological development. Yekaterinburg : USURT, 2004. 46 p.
5. Filippova E. G. A plan for the transportation of humanitarian aid to the flood zone based on a transport task // Notes of a scientist. 2023. No. 7. P. 328–333. ISSN 2713–0142. EDN : KAPKAD.
6. Crop production: a textbook. At 3 p.m. 1. Cereals and legumes / V. M. Fedorova, N. N. Yarkova, S. L. Eliseev; edited by S. L. Eliseev. Perm : CPI «Prokrost», 2014. 112 p.
7. Tariff Guide No. 4 (as amended on 06/08/2021). Book 2. Part 1. Alphabetical list of railway stations // ConsultantPlus. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_66064/34d0fc3f7dcf3752e71eeb53ae8816d2e530b4bb/ (accessed: 02.02.2024).
8. Krass M. S., Chuprinov B. P. Fundamentals of mathematics and its applications in economic education : textbook for universities. M. : Delo, 2001. 688 p.



**Алик Александрович
Чеботаев**

Alik A. Chebotaev



**Андрей Михайлович
Ивахненко**

Andrey M. Ivakhnenko



**Валерия Владимировна
Ошорова**

Valeria V. Oshorova



**Дмитрий Аликович
Чеботаев**

Dmitry A. Chebotaev

Исследование влияния социально ориентированной скорости и кинетической энергии на убывающую аварийность в системе «человек – автомобиль – дорога – окружающая среда»

Study of the influence of socially oriented speed and kinetic energy on the decreasing accident rate in the system “person – car – road – environment”

Авторы Authors

Алик Александрович Чеботаев, д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУ «Научный центр по комплексным транспортным проблемам Министерства транспорта Российской Федерации», Москва | Андрей Михайлович Ивахненко, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Менеджмент» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва | Валерия Владимировна Ошорова, канд. техн. наук, доцент кафедры «Логистика и управление транспортными системами» Российского университета транспорта (МИИТ), Москва | Дмитрий Аликович Чеботаев, заместитель генерального директора ICT Logistics, Москва

Alik A. Chebotaev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Chief Researcher of Federal Ministry of Transport’s Budgetary Institution “Research and Analysis Centre for Integrated Transport Solutions”, Moscow | Andrey M. Ivakhnenko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Management, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow | Valeria V. Oshorova, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Logistics and Transport Systems Management, Russian University of Transport (MIIT), Moscow | Dmitry A. Chebotaev, Deputy General Director of ICT Logistics, Moscow

Аннотация

В исследовании констатируется, что система «человек — автомобиль — дорога — окружающая среда» (система ЧАДО) является слабо структурированной системой. Показано, что водитель с его психофизиологическими особенностями и темпераментом является основным участником, влияющим на безопасность системы ЧАДО. Выбираемая водителями социально ориентированная скорость в двойном измерении позволила выполнить экспериментальные расчеты параметров безопасности дорожного движения. Импульсом к поиску возможной убывающей аварийности автомобильного парка города Москвы послужила экстраполяция существующих тенденций ДТП в S-образную теоретическую модель с точкой перегиба в 2026 г.

Ключевые слова: система «человек — автомобиль — дорога — окружающая среда» (ЧАДО), скорость, двойное измерение, автомобиль, дорога, убывающая аварийность, парк, S-образная теоретическая модель, параметры безопасности.

Abstract

The study states that the “person – car – road – environment” system (PCRE system) is a poorly structured system. It is shown that the driver with his psychophysiological characteristics and temperament is the main participant influencing the safety of the PCRE system. The socially oriented speed chosen by drivers in a double dimension made it possible to perform experimental calculations of road safety parameters. The search for a possible decreasing accident rate in Moscow car traffic urged the extrapolation of existing road accident into an S-shaped theoretical model with an inflection point in 2026.

Keywords: system “person – car – road – environment” (PCRE), speed, double dimension, car, road, decreasing accident rate, park, S-shaped theoretical model, safety parameters.

В мировой научно-практической деятельности широко распространено мнение, что аварийность, дорожно-транспортный травматизм с различной степенью тяжести являются неизбежной ценой за экономический рост и неуклонное стремление населения к увеличению подвижности. Статистический анализ [1, 2] показывает, что на автомобильных дорогах мира общей протяженностью 100^6 км в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) ежегодно гибнет более одного миллиона чело-

век. Так, например, ежегодно на дорогах США погибает 110 человек, Китая — 150 человек, Индии — 400 человек, Японии — 130 человек, в России — 38 человек, поэтому проблема безопасности дорожного движения в мире очень актуальна.

Причиной ДТП является встреча различных участников дорожного движения в некой случайной точке аварийности. Математическая интерпретация возникновения общей точки аварийности приведена на рис. 1.

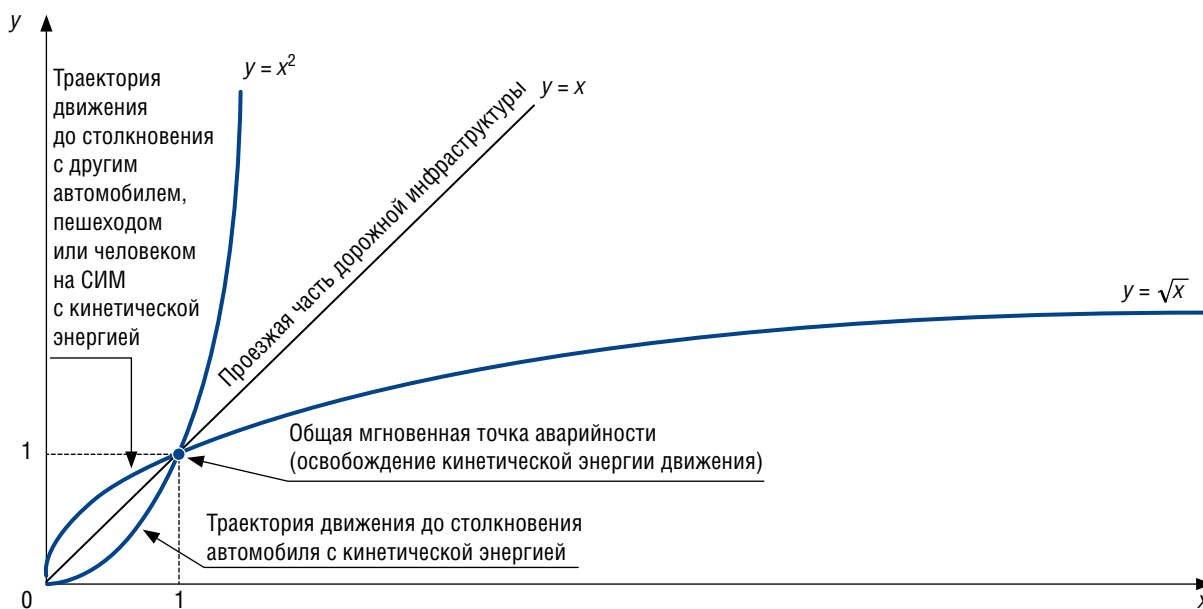


Рис. 1. Математическая интерпретация возможной точки аварийности для участников дорожного движения с различной скоростью и кинетической энергией

Как видно из рисунка, в координатах (x, y) в общей точке встречаются различные участники дорожного движения. Двигаясь с разной скоростью и кинетической энергией по траектории $y = x^2$ и $y = \sqrt{x}$, при столкновении в общей точке они высвобождают кинетическую энергию, которая превращается в силу удара с различными последствиями. Так возникают многочисленные точки аварийности.

В различных странах и в России разрабатываются стратегии, государственные, региональные, муниципальные программы по снижению ДТП и тяжести их последствий. Так, распоряжением Правительства РФ от 8 января 2018 г. № 1-р утверждена Стратегия безопасности дорожного движения до 2024 года, действует и Федеральный закон от 10.12.1995 № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения». Однако среди мероприятий и документов отсутствуют указания на то, что снизить аварийность можно путем использования социально ориентированной скорости, выбираемой водителем, и формируемой на ее основании кинетической энергии. В слабоструктурированной системе ЧАДО с точки зрения безопасности дорожного движения одним из определяющих и существенных факторов является человек-водитель.

Выбор водителем социально ориентированной скорости и кинетической энергии

Выбор скорости и формирование кинетической энергии в системе ЧАДО зависит от множества факторов. Одним из определяющих факторов является скорость, выбираемая водителем. Водитель, находясь за рулем, кроме непосредственного управления автомобилем, одновременно решает ряд сложных психофизиологических, когнитивных и аналитических задач. Например, с какой скоростью ехать по данному участку дороги и как при этом обеспечить:

- свою безопасность и безопасность других участников движения;
- качественную доставку точно в срок при выполнении грузовых перевозок;
- соблюдение расписания движения при перевозке пассажиров общественным транспортом;
- соблюдение правил дорожного движения;
- соответствие своей скорости средней скорости транспортного потока.

Любая ошибка, допущенная профессиональным водителем или автолюбителем на личном автомобиле, мо-

жет создать аварию на дороге с различной степенью тяжести последствий. Психофизиологические особенности водителя влияют на выбор им скорости движения.

На основе проведенного статистического анализа [3–8] сделана попытка оценить психофизиологические особенности водителей с разным темпераментом при выборе скорости движения (табл. 1).

Анализ данных табл. 1 показывает, что водители, обладающие различными типами темперамента*, осознают социальную опасность системы ЧАДО для жизни и здоровья человека по-разному. С точки зрения отношения водителей к ограничению максимальной скорости, соперничеству к участникам ДТП и других способностей реагирования водителей с различными типами темперамента можно условно разделить на две группы.

К первой группе целесообразно отнести водителей с более подвижной нервной системой — это, как правило, сангвиники и холерики, зачастую предпочитающие быструю езду. Они обладают более высокой уверенностью и надежностью, высоким уровнем соперничества, в случае необходимости могут способствовать оказанию первой помощи и вызову служб быстрого реагирования. Время реакции этих водителей выше и, по данным [8], составляет от 0,5 до 1,5 с вместо 1,0–2,0 с, как у водителей второй группы. Водители первой группы с точки зрения подготовленности нервной системы наиболее приспособлены для работы в интенсивных городских перевозках.

Водители второй группы — флегматики и меланхолики, обладают более инертной нервной системой и не склонны нарушать правила дорожного движения. У них наиболее медленный переход от состояния отчужденности нервной системы до ее возбуждения и концентрации. В сложных дорожно-транспортных ситуациях они могут колебаться. Водителям с таким темпераментом комфортнее работать на спокойных магистральных маршрутах с меньшей интервальностью движения.

С целью обоснованного формирования безопасных параметров снижения аварийности каждый водитель, выбирая скорость в километрах в час, должен видеть на приборах в кабине расстояние, проходимое автомобилем в метрах в секунду**. В исследовании предлагается повсеместно использовать скорость в двух измерениях: в метрах в секунду (мгновенную скорость) и в километрах в час. Приоритетное использование мгновенной скорости для повышения безопасности дорожного движения связано с тем, что эта скорость уже используется при расчетах почти всех параметров, влияющих на аварийность. Кроме того, скорость, измеряемую в метрах в секунду, рекомендует использовать при расчетах

*Согласно множеству психофизиологических исследований, человек рождается с тем или иным типом темперамента, однако в течение жизни у человека формируется смешанный тип темперамента.

**В каждом автомобиле должны быть установлены приборы (спидометры), фиксирующие мгновенную скорость в двойном измерении (м/с и км/ч), возможно, на лобовом стекле.

Психофизиологические особенности водителей с различным темпераментом

Самооценка водителя при возникновении ДТП	Тип темперамента			
	Сангвиник	Холерик	Флегматик	Меланхолик
Самооценка водителя в системе ЧАДО как объекта опасности для жизни и здоровья человека	Осознанная	Осознанная	Частично осознанная	Неосознанная, скрытая
Отношение к знакам, ограничивающим максимальную скорость движения	Неуравновешенное	Неуравновешенное	Уравновешенное	Безразличное, уравновешенное
Отношение к недопустимости алкогольного или наркотического опьянения за рулем автомобиля	Полностью устойчивое	Полностью устойчивое	Устойчивое	Устойчивое или инертное
Сопереживание и стремление помочь пострадавшим в ДТП с тяжелыми травмами	Отзывчивое и быстрое реагирование	Отзывчивое и быстрое реагирование	Отзывчивое и медленное реагирование	Растерянное, паническое, нерешительное
Аналитическая способность визуально определять безопасное расстояние между движущимися автомобилями с различной скоростью	Высокая	Высокая	Замедленная реакция	Задумчивая, вялая реакция
Реакция водителя на внезапно появляющиеся препятствия на дороге	Быстрая реакция (0,8 с)	Быстрая реакция (0,8 с)	Медленная реакция (1,7 с)	Медленная реакция (1,7 с)
Способность контролировать кинетическую энергию движения	Высокая	Высокая	Замедленная	Замедленная

и международная система единиц (СИ). Интеллектуальная радарная система беспилотных автомобилей функционирует в секундном режиме. Так же работают все светофоры городских пешеходных переходов.

Как известно, человек-водитель получает при рождении более 8×10^9 мозговых клеток (нейронов). Находясь за рулем, водитель, совершая умственную активность, способен принимать поступающую из внешней среды зрительную, слуховую, «движущуюся» информацию со скоростью 50–60 бит в секунду — этого вполне достаточно, чтобы осознанно воспроизводить скорость движения, измеряемую в метрах в секунду. Осознание расстояния, проходимого автомобилем в метрах в секунду, позволит водителю более ясно ощущать потенциальный тормозной путь и формируемую силу удара.

Для обоснования теоретической допустимости применения двойного измерения скорости обратимся к общей теории транспортных потоков. Так, известны три вида скорости: равномерная, неравномерная и мгновенная. Равномерная скорость, измеряемая в километрах в час, характеризуется своим постоянством при любых расстояниях перевозок. В расчетах рыночно-хозяйственной деятельности, как правило, используется средняя

скорость (\bar{V}), определяемая как отношение расстояния перевозки на все время перевозки:

$$\bar{V} = l/t, \text{ км/ч.} \quad (1)$$

Неравномерная скорость характеризуется постоянным расстоянием перевозки с различными промежутками времени. Разновидностью неравномерной скорости является мгновенная скорость, определяемая по формуле:

$$V_{\text{мг}} = \Delta l / \Delta t, \text{ м/с,} \quad (2)$$

где $\Delta t \rightarrow 0$.

Теоретически получается, что мгновенная скорость — это некий предел средней скорости в км/ч за бесконечно малый промежуток времени от t_0 до t при $t \rightarrow 0$. В многополосных транспортных потоках с различной интенсивностью средняя мгновенная скорость определяется по формуле:

$$\bar{V}_{\text{мг}} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{\text{мг}}^i}{n}, \text{ м/с,} \quad (3)$$

где n — количество автомобилей, находящихся в точке i -й фиксируемой мгновенной скорости.

Выбираемая водителем скорость в метрах в секунду или в километрах в час, а также кинетическая энергия являются важными параметрами безопасности движения автомобиля.

Ниже приведены аналитические зависимости по расчету основных параметров, влияющих на безопасность дорожного движения, с использованием мгновенной скорости. Так, кинетическая энергия движения автомобиля, измеряемая в джоулях, определяется по формуле:

$$E_k = mV_{\text{мг}}^2/2, \text{ Дж}, \quad (4)$$

где m — масса автомобиля, кг; $V_{\text{мг}}$ — мгновенная скорость движения, м/с.

При поворотах автомобиля кинетическая энергия становится центробежной силой. Для снижения аварийности на дорогах водитель должен знать, что в любых дорожных условиях центробежная сила всегда должна быть меньше сцепной силы колес с дорожной поверхностью. Центробежная сила, измеряемая в ньютонах, рассчитывается по формуле:

$$\vec{F}_c = mV^2 / R, \text{ Н}, \quad (5)$$

где R — радиус центра поворота, м.

Сила сцепления колес с дорожной поверхностью (зависит от состояния шин и дорожной поверхности), измеряемая в ньютонах, с ускорением свободного падения рассчитывается по формуле:

$$\vec{F}_c = fmg, \text{ Н}, \quad (6)$$

где f — коэффициент сцепления колес автомобиля с дорожной поверхностью (изменяется от 0,1 до 0,8); g — ускорение свободного падения, $9,8 \text{ м/с}^2$.

Для предотвращения возникновения ДТП всегда должно соблюдаться жесткое условие безопасности:

$$\vec{F}_c > \vec{F}_c. \quad (7)$$

Тормозной путь, т.е. расстояние от начала торможения для безопасной остановки автомобиля, зависит от технического состояния транспортного средства, в том числе шин, мгновенной скорости, выбранной водителем, состояния дорожной поверхности. Тормозной путь рассчитывается по формуле:

$$L_T = V_{\text{мг}}^2/2fg, \text{ м}. \quad (8)$$

Из приведенных формул (4, 5, 8) следует, что теоретически увеличенная водителем социально ориентированная скорость, например в 2 раза, приведет к увеличению тормозного пути и кинетической энергии в 4 раза.

К примеру, в городских условиях на сухом асфальте с коэффициентом сцепления $f = 0,8$ и на легковом ав-

томобиле массой 1305 кг водитель выбирает социально ориентированную скорость, равную 30,5 м/с (109,8 км/ч). Кинетическая энергия движения автомобиля составляет 607 кДж при силе сцепления колес автомобиля с дорогой, равной 10,2 кН. При поворотах автомобиля влево или вправо с радиусом центра поворота, равном, например, 50 м, развивается центробежная сила 24,3 кН. Ввиду изменений, возникающих на участке улично-дорожной сети, водитель снижает скорость до 16,7 м/с (60,7 км/ч), и кинетическая энергия при этом уменьшается до 182 кДж. Возникающая необходимость в поворотах налево или направо с таким же радиусом автомобиля образует центробежную силу, равную 7,3 кН. Дальнейшее снижение водителем скорости, например, перед лежащим полицейским, до наиболее безопасной — 5,5 м/с (19,8 км/ч) характеризуется пониженной величиной кинетической энергии движения, равной 19,7 кДж. Повороты автомобиля направо или налево с таким же радиусом поворота сопровождаются формированием центробежной силы, равной 0,8 кН. Следовательно, снижение скорости движения транспортного средства в 5,5 раза уменьшает кинетическую энергию в 30,8 раза и возможный ущерб в точке аварийности.

Совершение поворотов налево или направо при начальной скорости 30,5 м/с (109,8 км/ч) чревато возникновением новых точек аварийности, так как центробежная сила при этом на 14,1 кН больше сил сцепления автомобильных шин с дорогой. Силы сцепления автомобильных шин с дорогой при скорости 16,7 м/с (60 км/ч) и 5,5 м/с (19,8 км/ч) обеспечивают безопасные повороты.

По данным [9], рост скорости в транспортном потоке на 40 км/ч (11,1 м/с) увеличивает вероятность появления точки аварийности почти в 10 раз. Получается, что прирост скорости даже на 1,1 м/с увеличивает вероятность появления нового ДТП.

Для обеспечения безопасности движения, кроме тормозного пути и центробежных сил, водителям с различными темпераментами необходимо знать величину проезжаемого расстояния за время своей реакции на внезапно появляющиеся препятствия на дороге и время срабатывания гидравлических и пневматических тормозов автомобиля — остановочный путь. Поэтому безопасный остановочный путь ($L_{\text{ост}}$) движущихся по горизонтальному участку дороги друг за другом автомобилей определяется по формуле:

$$L_{\text{ост}} = 1 + (t_p + t_{\text{ср}}) \cdot V_{\text{мг}}, \text{ м}, \quad (9)$$

где t_p время реакции водителей, с; $t_{\text{ср}}$ время срабатывания тормозов, с; 1 — безопасное расстояние до остановившегося препятствия на дороге, м.

На основании формул (1–9) и примера, приведенного выше, выполнен экспериментальный расчет влияния изменяемой скорости и кинетической энергии движения на параметры аварийности условного автомобильного парка, функционирующего в городских условиях (табл. 2).

Таблица 2

Влияние скорости и кинетической энергии движения на аварийность условного автомобильного парка

Тип условного автомобиля	Максимальная масса условного автомобиля, кг	Выбираемая водителем скорость, м/с (км/ч)	Квадрат скорости м ² /с ²	Тормозной путь авто-мобиля, м	Ожидаемая кинетическая энергия движения, кДж	Ожидаемый коэффициент силы удара при столкновении в точке аварийности, ед.	Проезжаемое расстояние за время реакции водителя и срабатывания тормозов **, м	Безопасный останочный путь с учетом дистанции безопасности, м
Легковой	1380	5 (18)	25	1,6	17,2	1	4/8,5	6,6/11,1
		10 (36)	100	6,4	69	4	8/17	15,4/24,4
		15 (54)	225	14,3	155,2	9	12/25,5	27,3/40,8
		20 (72)	400	25,5	276	16	16/34	42,5/60,5
		25 (90)	625	39,8	413,2	25,1	22/42,5	62,8/83,3
		30 (108)	900	57,3	621	36,1	24/51	82,3/109,3
Грузовой	3340	5 (18)	25	1,6	41	1	4/8,5	6,6/11,1
		10 (36)	100	6,4	164	4	8/17	15,4/24,4
		15 (54)	225	14,3	375,7	9,2	12/25,5	27,3/40,8
		20 (72)	400	25,5	656	16	16/34	42,5/60,5
		25 (90)	625	39,8	1025	25	22,4/42,5	62,8/83,3
		30 (108)	900	57,3	1476	36	24/51	82,3/109,3
Автобус	6950	5 (18)	25	1,6	86,9	1	4/8,5	6,6/11,1
		10 (36)	100	6,4	347,5	4	8/17	15,4/24,4
		15 (54)	225	14,3	781,9	9	12/25,5	27,3/40,8
		20 (72)	400	25,5	1390	16	16/34	42,5/60,5
		25 (90)	625	39,8	2171,9	25	22,4/42,5	62,8/83,3
		35 (108)	900	57,3	3127,5	36	24/51	82,3/109,3

*1 км/ч = 0,278 м/с; 1 м/с = 3,6 км/ч.

**Принимается 0,8 с для водителей — сангвиников и холериков; 1,7 с для флегматиков и меланхоликов.

Таблица 3

Скорость и кинетическая энергия движения других участников дорожного движения на перекрестках

Участник дорожного движения	Масса участника, кг	Выбираемая скорость, м/с (км/ч)	Квадрат скорости $V = \text{м}^2/\text{с}^2$	Ожидаемая кинетическая энергия движения, Дж	«Потеря» расстояния за время работы светофора с ритмом 30 / 60 с, м	Количество травмированных, чел.
Велосипедист или иное лицо, управляющее средством индивидуальной мобильности (СИМ)	45	1,9 (7)	3,61	81,22	57/114	0
		3,3 (12)	10,89	245,02	99/198	0
		4,4 (16)	19,36	435,6	132/264	0
		6,1 (22)	37,21	837,22	183/366	0
		10,5 (38)	110,25	2480,62	315/630	0
Бегущий пешеход	48	2,5 (9)	6,25	159,37	75/150	0
		3,6 (13)	12,96	330,48	108/216	0
		5 (18)	25	637,5	150/300	0
Идущий пешеход	63	1,1 (4)	1,21	38,12	33/66	0
		1,7 (6)	2,89	91,04	51/102	0
		1,9 (7)	3,61	113,71	57/114	0

Анализ полученных экспериментальных расчетов для условного городского автомобильного парка показал, что социально ориентированная скорость, выбираемая водителем транспортного средства, и величина кинетической энергии являются определяющими факторами, влияющими на ожидаемые параметры аварийности. Как показали расчеты, проезжаемое расстояние за время реакции водителей с различным темпераментом и безопасный остановочный путь не зависят от массы используемых транспортных средств. Они определяются исключительно скоростью движения, дорожными условиями и техническим состоянием транспортных средств, в том числе шин, а также когнитивным временем реакции водителей на внезапно появляющиеся препятствия на дороге. Так, например, двигаясь в городе со скоростью 18 км/ч (5 м/с), легковой и грузовой автомобиль и автобус должны соблюдать безопасный остановочный путь, равный 6,6 м или 11,1 м, в зависимости от времени реакции водителей.

С точки зрения тяжести травм и величины ущерба при столкновении или наезде на пешехода большое значение имеет изменяемая скорость и масса транспортного средства. При скорости движения любого транспортного средства, равной 18 км/ч (5 м/с), коэффициент силы удара при столкновении принимается равным единице, т.е. с ожидаемым минимальным ущербом для участников дорожного движения.

Для сравнительного анализа в табл. 3 приведены экспериментальные расчеты кинетической энергии других

участников дорожного движения: велосипедистов и иных лиц, использующих средства индивидуальной мобильности (СИМ), и пешеходов. Эти участники в основном подвержены опасности ДТП на городских перекрестках. Анализ полученных расчетов показал, что наибольшей скоростью и ожидаемой кинетической энергией обладают велосипедисты и иные лица, использующие СИМ, нежели бегущие или идущие пешеходы.

Анализ экспериментальных расчетов в табл. 2 и 3 показывает, что значения кинетической энергии, образуемой за счет скорости у транспортного средства и у лиц, управляющих СИМ, или у пешеходов, не сопоставимы. В одном случае это килоджоули, а в другом — только джоули. Поэтому встреча автомобилиста с лицами, управляющими СИМ, или пешеходами в точке аварийности заканчивается, как правило, травмированием последних.

Из данных табл. 3 видно, что полное исключение травм на перекрестках возможно, если потеря расстояния за время ожидания у светофора не будет являться проблемой для пешеходов.

Изложенные положения и формулы для выполнения экспериментальных расчетов приведены не для того, чтобы описать остроту существующих проблем безопасности дорожного движения в слабо структурированной системе ЧАДО. Учитывая масштабную сложность безопасного функционирования различных городских подсистем ЧАДО, исследуется только влияние двух мероприятий для уменьшения количества ДТП. Это

социально ориентированная скорость, выбираемая водителем с определенным темпераментом, и формируемая при этом кинетическая энергия движения с коэффициентом силы удара при возможных столкновениях с другими участниками дорожного движения, в том числе пешеходами.

Существуют многочисленные исследования по оценке влияния мероприятий по уменьшению количества ДТП. Реализация тех или иных мероприятий достигается на практике с помощью названной нами «рентабельности» убывающей аварийности. На рис. 2 приведена схема возможной реализации «муниципального заказа» на прогнозируемую убывающую аварийность системы ЧАДО. При этом очевидно, что ликвидация точек аварийности на автомобильных дорогах достигается только в том случае, когда суммарный ущерб от ДТП компенсируется приведенными затратами на их ликвидацию.

Теоретическая модель перспективного снижения аварийности автомобильного парка г. Москвы

В качестве практического использования разработанных рекомендаций для примера использована информация по автомобильному парку г. Москвы. Действующий автомобильный парк Москвы состоит из легковых автомобилей категории М1 массой 1300–1400 кг, автобусов, грузовых автомобилей категорий N1, N2, N3 массой от 5000 до 18000 кг. Общая численность автомобильного парка составляет 4,61 млн ед. в 2022 г. Прогнозируется, что в 2026 г. численность автомобильного парка Москвы составит 5,5 млн ед. Легковые автомобили занимают основную часть парка — 89,8 %, грузовые — 9,2 %, автобусы — 1 %.

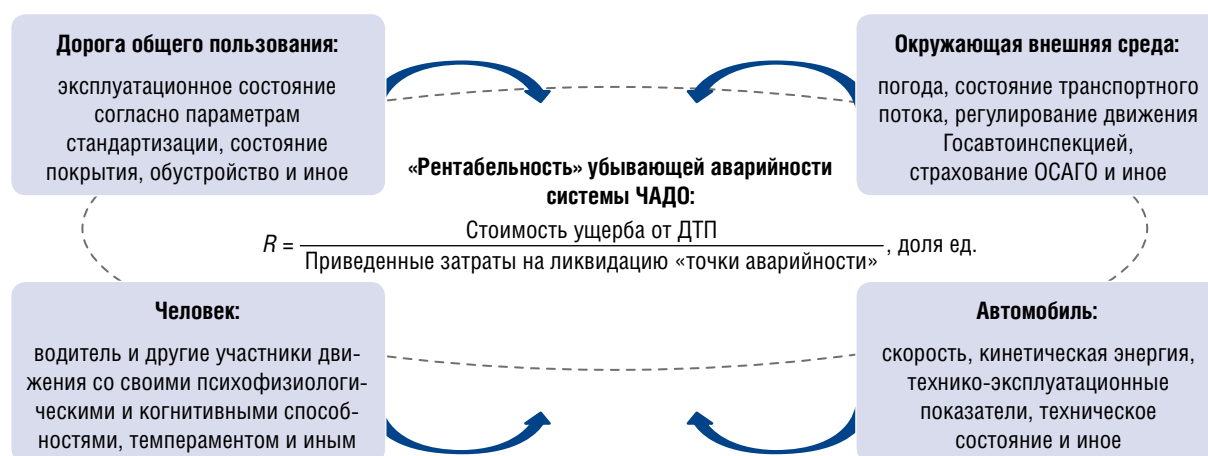


Рис. 2. Схема возможной реализации «муниципального заказа» на прогнозируемую убывающую аварийность системы ЧАДО

Таблица 4

Аварийность автомобильного парка города Москвы

Год	ДТП	Погибло	Ранено	Погибло / количество зарегистрированных авто 100 тыс. ед
2015	7877	423	9504	0,98
2016	6954	364	8290	0,79
2017	7053	331	8378	0,71
2018	7412	314	873	0,72
2019	7537	293	9002	0,66
2020	6309	259	7320	0,58
2021	6670	224	7839	0,49
2022	6103	199	7209	0,43
2023	5850 (оценка)	165 (оценка)	6882 (оценка)	0,4 (оценка)
2024	5397 (оценка)	137 (оценка)	6555 (оценка)	0,3 (оценка)
2025	5433 (оценка)	97 (оценка)	6228 (оценка)	0,2 (оценка)

Об эффективности используемого комплекса мер по уменьшению аварийности автомобильного парка можно судить по десятилетнему статистическому анализу, приведенному в табл. 4 [10].

Из данных табл. 4 видно, что в результате комплекса мероприятий за десятилетний период количество происшедших ДТП на дорогах и улицах города снизилось на 36 %, численность погибших — на 86 %. С 2015 по 2022 г. количество раненых уменьшилось на 224,2 %, погибших — на 52 %. Несмотря на увеличение автомобильного парка и постоянный рост интенсивности транспортных потоков, коэффициент тяжести ДТП, как отношение количества погибших к 100 тыс. автомобилей, снизился на 71,4 %. При этом средняя скорость движения в Москве с 2010 по 2019 г. увеличилась на 18 % [9].

Как будет развиваться ожидаемая перспективная безопасность дорожного движения автомобильного парка города Москвы? Можно предположить, что с учетом выполненных экспериментальных расчетов, реализации схемы, представленной на рис. 2, социально ориентированной скорости и кинетической энергии, выбираемых водителем, без учета статистической неопределенности сохранится тенденция, приведенная в табл. 4.

Если предположить, что начиная с точки перегиба в 2026 г. будет происходить экстраполяция существующих тенденций с более интенсивным убыванием аварийности, то дальнейшее развитие автомобильного парка можно оценить с помощью S-образной теоретической модели (рис. 3).

На рис. 3 видно, что дальнейшее развитие безопасности дорожного движения после точки перегиба в 2026 г., с ожидаемым количеством дорожно-транспортных про-

исшествий, не превышающим 4838 ед., прогнозируется по трем вариантам развития.

В одном из вариантов предполагается, что в прогнозируемом периоде сохранится существующий достигнутый уровень аварийности. Два других предполагают поиск различных мероприятий по снижению аварийности, в том числе использование социально ориентированной скорости и кинетической энергии, выбираемых водителем в конкретных дорожных условиях, что приведет к трех- или пятипроцентному снижению аварийности.

Реализация S-образной модели с годовым трехпроцентным уменьшением аварийности будет наблюдаться в 2056 г. с асимптотическим «нулевым» количеством ДТП, не превышающим 150 ед. Реализация S-образной теоретической модели с годовым пятипроцентным уменьшением аварийности будет наблюдаться в 2046 г. с асимптотическим «нулевым» количеством ДТП, не превышающим 720 ед.

Уменьшение аварийности будет реализовываться с учетом асимптоты в виде теоретического предела «нулевой» аварийности. На основе данного исследования такая асимптота может использоваться при назначении целевых показателей стратегий безопасности дорожного движения для руководства в использовании Госавтоинспекции.

Таким образом, реализация S-образной теоретической модели в прогнозируемом периоде практически не обеспечивает ожидаемую «нулевую» аварийность автомобильного парка г. Москвы. Преимущество использования такой модели заключается в том, что она дает наглядное представление о невозможности реализации «нулевой» аварийности в обозримой перспективе, но по-

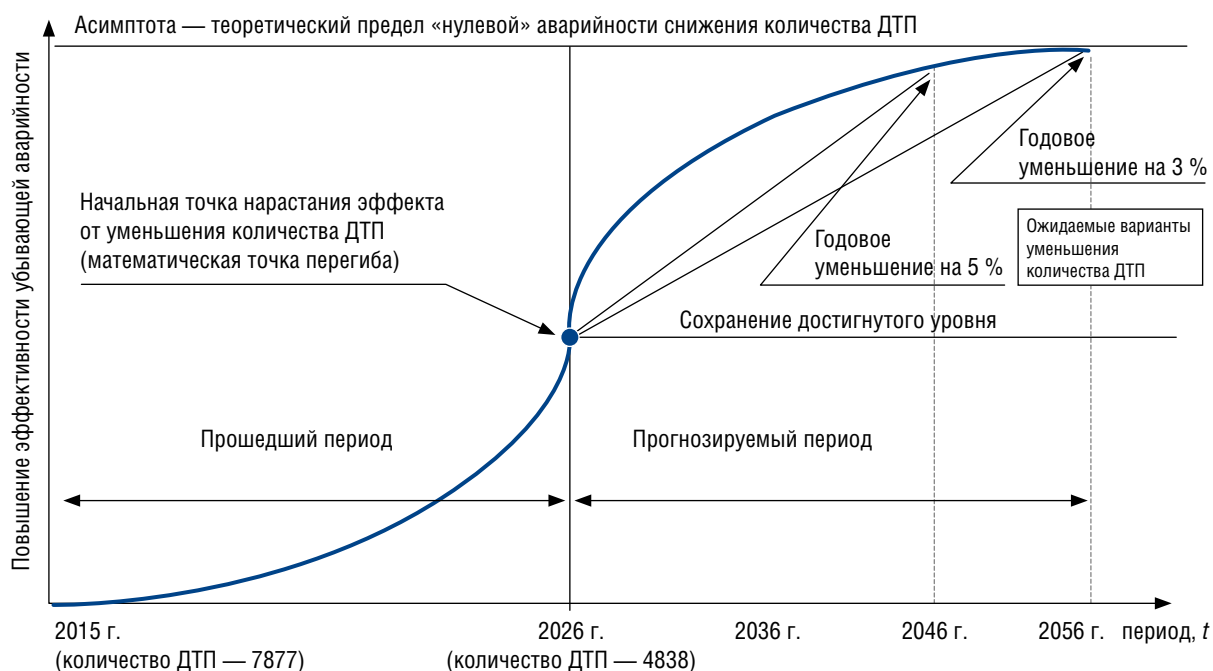


Рис. 3. S-образная теоретическая модель убывающей аварийности системы ЧАДО

зволяет приближаться к асимптоте — предельному количеству ДТП. Очевидно, что главной целью данной модели на дальнейшую перспективу является асимптотическое максимальное снижение аварийности.

Выводы

Выполненное исследование показывает, что убывающая аварийность в слабо структурированной системе ЧАДО зависит от выбираемой водителем социаль-

но ориентированной скорости и кинетической энергии.

Построенная схема возможной реализации муниципальных заказов позволила с помощью S-образной теоретической модели рассчитать перспективную асимптотически приближающуюся к нулю убывающую аварийность автомобильного парка г. Москвы.

В дальнейших исследованиях необходимо сделать расчет финансовых издержек на введение двойного измерения скорости для автомобилей на автодорогах федерального, регионального и муниципального значения. **ИТ**

Список литературы

1. Чеботаев А. А., Ивахненко А. М. Обеспечение «нулевой» опасности в дорожном движении — государственная функция // Транспорт Российской Федерации. 2015. Спец. выпуск: Город и транспорт С. 6–11. ISSN 1994-831X.
2. Чеботаев А. А. Геотранспортные ресурсы России : учебное пособие. М. : Экономика, 2007. 454 с. ISBN 978-5-282-02630-6.
3. Бульц М. В. Исследование психологических детерминант нормативного поведения в профессиональной деятельности водителя // Ярмарка научно-практических инициатив студентов Янпис-2020 : материалы XVII межрегиональной студенческой научно-практической конференции. Пермь — Уфа, 2020. С. 52–56.
4. Бебинов С. Е. Сальников В. А. Личностный фактор в системе управления автомобилем // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2018. № 1 (12). С. 31. eISSN 2413-4066.
5. Васильченко А. С., Шпорт С. В., Булыгина В. Г. Психофизиологические основы деятельности водителей и безопасность дорожного движения // Российский психиатрический журнал. 2018. № 5. С. 4–9. ISSN 1560-957X.
6. Катышева К. В. Влияние психофизиологических особенностей водителей на безопасность дорожного движения // Молодой ученый. 2017. № 12 (146). С. 172–175. URL: <https://moluch.ru/archive/146/41013/> (дата обращения: 29.02.2024).
7. Прокопчук Н. Н., Скребцова Н. В., Попов В. В. Особенности состояния когнитивных функций у мужчин трудоспособного возраста, работающих на автотранспорте // Экология человека. 2013. № 10. С. 9–13. ISSN 1728-0869.
8. Романов А. Н. Автотранспортная психология : учебное пособие. М. : Academia, 2002. 214 с. ISBN 5-7695-1003-X.
9. Пышечкин И. Средняя скорость движения в Москве с 2010 года увеличилась на 18 % // Российская газета. 2019. № 13 (7771). URL: <https://rg.ru/2019/01/22/reg-cfo/sredniaia-skorost-dvizheniia-v-moskve-s-2010-goda-uvlechilas-na-18.html>
10. Показатели состояния безопасности дорожного движения // Госавтоинспекция: официальный сайт МВД РФ. URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 10.10.2023).

References

1. Chebotaev A. A., Ivakhnenko A. M. Ensuring «zero» danger in road traffic — a state function // Transport of the Russian Federation. 2015. Special issue: City and transport P. 6–11. ISSN 1994-831X
2. Chebotaev A. A. Geotransport resources of Russia : textbook. M. : Economics, 2007. 454 p. ISBN 978-5-282-02630-6.
3. Bults M. V. The study of psychological determinants of normative behavior in the professional activity of a driver // Fair of scientific and practical initiatives of students Yanpis-2020 : materials of the XVII inter-regional student scientific and practical conference. Perm — Ufa, 2020. P. 52–56
4. Bebinov S. E. Salnikov V. A. Personal factor in the car control system // Electronic scientific and methodological journal of Omsk State Agrarian University. 2018. No. 1 (12). P. 31. eISSN 2413-4066.
5. Vasilchenko A. S., Shport S. V., Bulygina V. G. Psychophysiological foundations of driver activity and road safety // Russian Psychiatric Journal. 2018. No. 5. P. 4–9. ISSN 1560-957X.
6. Katsysheva K. V. Influence of psychophysiological characteristics of drivers on road safety // Young Scientist. 2017. No. 12 (146). P. 172–175. URL: <https://moluch.ru/archive/146/41013/> (accessed: 02/29/2024).
7. Prokopchuk N. N., Skrebtsova N. V., Popov V. V. Features of the state of cognitive functions in men of working age working in motor transport // Human ecology. 2013. No. 10. P. 9–13. ISSN 1728-0869.
8. Romanov A. N. Motor vehicle psychology : textbook. M. : Academia, 2002. 214 p. ISBN 5-7695-1003-X.
9. Pyshechkin I. The average speed of movement in Moscow has increased by 18 % since 2010 // Rossiyskaya Gazeta. 2019. № 13 (7771). URL: <https://rg.ru/2019/01/22/reg-cfo/sredniaia-skorost-dvizheniia-v-moskve-s-2010-goda-uvlechilas-na-18.html>
10. Road safety indicators // State Automobile Inspection: official website of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation. URL: <http://stat.gibdd.ru/> (accessed: 10.10.2023).

Уважаемые читатели и авторы журнала «Инновационный транспорт»!

Если вам нравится наш журнал, вы можете оказать содействие в его развитии, перечислив денежные средства по реквизитам:

Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС

ИНН-КПП 6670317893/667001001

ОГРН 1156600001470

620075, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Шевченко, д. 20, помещение 1

Р/с 40703810863010000192

в ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ

к/с 30101810900000000795

БИК 046577795

Назначение платежа: «Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС».

Ваша финансовая поддержка позволит нам увеличить число публикаций, повысить индексы цитирования журнала и наших авторов.

Уважаемые руководители инновационных компаний и предприятий!

Предлагаем вам услуги по продвижению вашей продукции через сеть Ассоциации выпускников УЭМИИТ-УрГУПС.

Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС — это кооперация большого числа неравнодушных людей различных сфер деятельности, окончивших наш университет.

Кроме того, предлагаем услуги по подбору молодых специалистов, по организации поиска решений прикладных и научных задач в рамках диссертационных работ, выполняемых в УрГУПС.

Всю необходимую информацию вы можете получить по тел. (343) 221-24-67 или на сайте <http://www.usurt.ru/vypusknikam/assotsiatsiya-vypusknikov-urgups>

Извещение	<p>Получатель: Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС КПП: <u>667001001</u> ИНН: <u>6670317893</u> ОКТМО: <u>65701000</u> Р/сч.: <u>40703810863010000192</u> в: ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ БИК: <u>046577795</u> К/сч.: <u>30101810900000000795</u> Код бюджетной классификации (КБК): _____ Платеж: <u>Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС</u> Плательщик: _____ Адрес плательщика: _____ ИНН плательщика: _____ № л/сч. плательщика: _____ Сумма: _____ руб. ____ коп. Подпись: _____ Дата: «___» _____ 2024 г.</p>
Квитанция	<p>Получатель: Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС КПП: <u>667001001</u> ИНН: <u>6670317893</u> ОКТМО: <u>65701000</u> Р/сч.: <u>40703810863010000192</u> в: ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ БИК: <u>046577795</u> К/сч.: <u>30101810900000000795</u> Код бюджетной классификации (КБК): _____ Платеж: <u>Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС</u> Плательщик: _____ Адрес плательщика: _____ ИНН плательщика: _____ № л/сч. плательщика: _____ Сумма: _____ руб. ____ коп. Подпись: _____ Дата: «___» _____ 2024 г.</p>

Подписка на 2024 год.

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» — 85022.

Периодичность — 4 номера в год.

ф. СП-1



АБОНЕМЕНТ на ~~газету~~
журнал **85022**
(индекс издания)

Иновационный транспорт

(наименование издания) Количество комплектов:

на 2024 год по месяцам:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
						X	X	X	X	X	X

Куда
(почтовый индекс) (адрес)

Кому
(фамилия, инициалы)

ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА

на ~~газету~~
журнал **85022**
(индекс издания)

Иновационный транспорт

(наименование издания)

Стои- мость	подписки	_____ руб. ____ коп.	Количество комплектов:
	переадресовки	_____ руб. ____ коп.	

на 2024 год по месяцам:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
						X	X	X	X	X	X

Куда
(почтовый индекс) (адрес)

Кому
(фамилия, инициалы)

Технические требования и рекомендации к оформлению статей

1. Публикация состоит из следующих **обязательных элементов**:

- а) УДК;
- б) Ф. И. О. автора (авторов) (на русском и английском языках);
- в) название статьи (на русском и английском языках);
- г) аннотация (на русском и английском языках);
- д) ключевые слова (на русском и английском языках);
- е) текст статьи;
- ж) библиографический список;
- з) сведения об авторе (авторах): место работы (учебы), ученая степень, ученое звание, должность, почтовый адрес, телефон, e-mail (на русском и английском языках);
- и) портретное фото автора (авторов), представленное в электронном виде отдельным файлом, цветное, высокого качества, в форматах *.jpg (от 200 Кб), *.tif (от 1 Мб).

2. Материалы подготавливаются в редакторе MS Word.

3. Объем статьи не более 15 страниц.

4. Список литературы помещается в конце статьи после подзаголовка и оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100-2018, ГОСТ 7.0.5-2008. Ссылки на литературу в тексте статьи оформляются в квадратных скобках ([3], [3, 4], [3–7]).

5. Требования к разметке и форматированию текста. Поля страницы – по 2 см с каждого края. Страницы должны быть без нумерации. Текст статьи: шрифт Times New Roman, кегль 14; межстрочный интервал

полуторный; выравнивание по ширине; отступ первой строки 1,25 см; расстановка переносов автоматическая. Простые формулы и сочетания символов набираются в текстовом режиме, сложные – при помощи редактора формул Microsoft Equation или MathType и располагаются по центру страницы. Написание букв: русские и греческие буквы (а, б, в, А, Б, В; ε, ω, Ω, Σ), а также цифры и функции (1, 2, 3; I, V, XII; sin, lg, min и др.) пишутся только прямо; латинские буквы (а, b, c, A, B, N и пр.) – только курсивом.

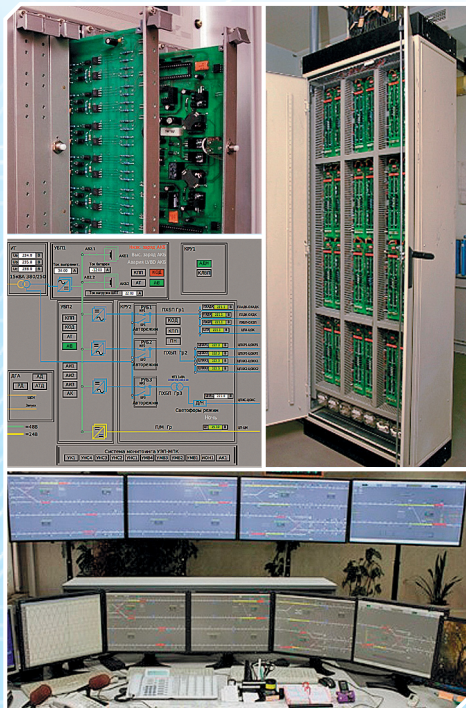
6. Рисунки и таблицы. Таблицы должны быть снабжены заголовками, а рисунки — подписями. Расположение заголовков: слово «Таблица» — в правый край таблицы; название таблицы располагается по центру над таблицей. В рисунках (диаграммах и графиках) слово «Рис.», номер и название рисунка располагаются по центру набора под рисунком. Расположение таблиц и рисунков — после ссылки на них. Условные обозначения в рисунках и таблицах, если они есть, должны быть расшифрованы в подписи или в тексте статьи.

Рисунки. Цветные и черно-белые (если нет цветных) иллюстрации принимаются отдельными файлами в форматах *.jpg (от 300 Кб), *.tif, *.bmp (от 2 Мб). Недопустимо использование изображений, взятых из Интернета, размером 5–100 Кб, а также отсканированных версий плохого качества.

Диаграммы, схемы и таблицы могут быть представлены в форматах MS Excel, MS Visio, MS Word (сгруппированные). Отдается предпочтение исходным файлам, которые допускают редактирование рисунка. Допускаются изображения, конвертированные в форматы *.cdr, *.cmx, *.eps, *.ai, *.wmf, *.cgm, *.dwg.

7. Материалы для очередного номера принимаются до 30-го числа первого месяца квартала.

**Подписной индекс издания
в общероссийском каталоге «Пресса России» — 85022.**



РАЗРАБОТКА, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ВНЕДРЕНИЕ И СОПРОВОЖДЕНИЕ КОМПЛЕКСА СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

- ЭЦ-МПК, ЭЦ-МПК-У — релейно-процессорная централизация
- МПЦ-МПК — микропроцессорная централизация
- ДЦ-МПК — диспетчерская централизация
- УЭП-МПК — устройства электропитания
- СТД-МПК — система технической диагностики
- АСУ АРЛМ — автоматизированная система учёта и анализа работы линий метрополитена
- КАС ДУ — комплексная автоматизированная система диспетчерского управления



Наш адрес: 620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, корпус Б, оф. В3-7
Тел./факс: (343) 221-25-23
E-mail: info@nilksa.ru. Веб-сайт: www.nilksa.ru



НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

«СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНТАКТНОЙ СЕТИ»

Основные направления работы

- Разработка проектов реконструкции и модернизации контактной сети железнодорожного транспорта.
- Проектирование внешнего электроснабжения до 1000 кВ включительно и внутреннего электроснабжения жилых, общественных и производственных зданий.
- Проведение электротехнической экспертизы оборудования.
- Расчет автоколебаний проводов контактной подвески и взаимодействия различных токоприемников с контактным проводом.
- Научно-исследовательские работы в области совершенствования системы токосъема железнодорожного транспорта.

Заведующий лабораторией: канд. техн. наук, доцент Ковалев Алексей Анатольевич.



Наш адрес: 620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, оф. В3-03.
Тел./факс: (343) 221-25-27.

E-mail: saprks@mail.ru. Веб-сайт: www.sapr-ks.usurt.ru

