

ИННОВАЦИОННЫЙ ТРАНСПОРТ

I N N O T R A N S

№ 4 (46)

декабрь 2022



Аспекты менеджмента, определяющие устойчивое качество железнодорожного транспорта

С. 52

Использование электропоездов «Ласточка» на межрегиональных маршрутах УрФО

Сухой порт:
концептуальный обзор

О роли ОАО «РЖД»
в развитии квантовых
коммуникаций РФ



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**

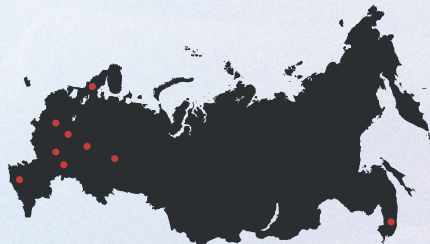
НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ:

- > Цифровая экономика на транспорте
- > BIM-технологии
- > Интернет вещей
- > BIG DATA
- > Взаимодействие транспорта регионов страны
- > Взаимодействие с бизнес-сообществом
- > Экспертиза взаимодействия видов транспорта
- > Научное сопровождение транспортной стратегии РФ

КТО МОЖЕТ СТАТЬ ЧЛЕНОМ АКАДЕМИИ?

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

- доктора транспорта
- кандидата наук
- доктора наук



2 ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
ОТДЕЛЕНИЯ

8 РЕГИОНАЛЬНЫХ
ОТДЕЛЕНИЙ

Аппарат Российской академии транспорта:
107078, г. Москва, ул. Маши Порываевой, д. 34, 11 этаж
+7 (929) 915-74-65
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

№ 4 (46), 2022 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 511,06 руб.

DOI: 10.20291/2311-164X

Подписано в печать 30.12.2022. Дата выхода в свет 01.03.2023

Печать офсетная. Тираж 500 экз. (1-й з-д 1–70). Заказ № 29

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения», 2022

© Общероссийская общественная организация

«Российская академия транспорта», 2022

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 Ломотко, 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).

Сергей Алексеевич Румянцев, доктор технических наук, действительный член РАТ, профессор кафедры «Высшая и прикладная математика» Уральского государственного университета путей сообщения, Екатеринбург (Россия).

Валерий Михайлович Самуйлов, 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

№ 4 (46), 2022

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 30.09.2022. Date of issue 01.03.2023.

Offset printing. Circulation 500 copies

© FGBOU VO Ural State University of Railway Transport, 2022

© All-Russian Public Organisation “Russian Academy of Transport”, 2022

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. Lomotko, 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).

Sergey A. Rumyantsev, DSc in Engineering, full member of the Russian Academy of Transport, Professor of “Higher and Applied Mathematics” at Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg (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

Чумак П. Н., Самуйлов В. М., Неволин Д. Г. Использование скоростных электропоездов «Ласточка» на межрегиональных маршрутах Уральского федерального округа	3
Гашкова Л. В., Морозова О. Ю. Сухой порт: концептуальный обзор	8
Ветрова Т. А. Преимущества введения динамического управления общественным транспортом	14
Петров А. И., Игнатьев В. А. Устойчивость процессов функционирования городского общественного транспорта Тюмени в условиях острой фазы пандемии COVID-19	17
Цариков А. А., Бондаренко В. Г., Склянный А. В. Троллейбусы с возможностью автономного хода и их влияние на проектирование маршрутной сети городского пассажирского транспорта	23

Организация производства (транспорт)

Пашенко М. А., Русакова Е. А. О роли ОАО «РЖД» в развитии квантовых коммуникаций РФ	31
Смолянинов А. В., Кармацкий В. Ф., Волков Д. В. Анализ организационно-структурных преобразований вагоноремонтных предприятий	37
Антропова Т. А. Оценка прочности конструкций, машин и механизмов. Анализ методов и пути совершенствования	44
Чудинов С. А., Ладейщиков Н. В. Укрепление грунтов портландцементом с добавлением комплексной добавки, продлевающей строительный период	48
Ерохин И. В., Скораяева Е. А. Аспекты менеджмента, определяющие устойчивое качество железнодорожного транспорта	52

Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

Низов А. С., Штин А. Н., Шумаков К. Г., Лесников Д. В. Режимы работы полупроводникового вольтдобавочного устройства для регулирования напряжения на тяговых подстанциях	58
--	----

Эксплуатация автомобильного транспорта

Фурзиков В. В. Обоснование выбора скоростной характеристики двигателя карьерного автосамосвала	65
--	----

Управление процессами перевозок

Фалалеева Т. А., Колокольников В. С. Аспекты взаимодействия станции и прилегающих участков при определении пропускной способности	72
Бессонова Н. В., Семенова А. И., Самойлова И. М. Организация движения поездов на Большой кольцевой линии Московского метрополитена после ввода в эксплуатацию всех участков кольца	77

CONTENTS

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

Polina N. Chumak, Valery M. Samuilov, Dmitry G. Nevolin. The use of high-speed electric trains "Lastochka" ("Swallow") on interregional routes of the Ural Federal District	3
Lyudmila V. Gashkova, Olga Yu. Morozova. Dry port: a conceptual overview	8
Tatiana A. Vetrova. Advantages of introducing the dynamic public transport management	14
Artur I. Petrov, Vladislav A. Ignatyugin. Stability of Tyumen city public transport functioning in the conditions of the COVID-19 pandemic acute phase	17
Aleksey A. Tsarikov, Viktor G. Bondarenko, Alexander V. Sklyanny. Trolleybuses with the possibility of autonomous running and their impact on the design of the route network of urban passenger transport	23

The organization of production (transport)

Mikhail A. Paschenko, Elena A. Rusakova. About the role of JSC "Russian Railways" in the development of quantum communications of the Russian Federation	31
Alexander V. Smolyaninov, Vitaly F. Karmatsky, Denis V. Volkov. Analysis of organizational and structural transformations of railway car repair enterprises	37
Tatiana A. Antropova. Assessment of the strength of structures, machines and mechanisms. Analysis of methods and ways of improvement	44
Sergey A. Chudinov, Nikolay V. Ladeischikov. Strengthening of soils with Portland cement containing a complex additive that prolongs the construction period	48
Ivan V. Erokhin, Yelena A. Skorayeva. The management aspects determining sustainable quality of railway transport	52

Rolling stock, hauling operation and electrification

Anatoly S. Nizov, Andrey N. Shtin, Konstantin G. Shumakov, Dmitry V. Lesnikov. Operation modes of a semiconductor voltage-boosting device for voltage regulation at traction substations	58
---	----

Operation of motor transport

Vitaly V. Furzikov. Justification of the choice of the speed characteristics of a dump truck engine	65
---	----

Management of transportation processes

Tatiana A. Falaleyeva, Vitaly S. Kolokolnikov. Aspects of interaction of the station and adjacent sections in determining the throughput capacity	72
Natalia V. Bessonova, Alyona I. Semenova, Irina M. Samoilova. Organization of train traffic on the Bolshaya Koltsevaya Line of the Moscow Metro after commissioning of all sections of the ring	77



**Полина Николаевна
Чумак**

Polina N. Chumak



**Валерий Михайлович
Самуйлов**

Valery M. Samuilov



**Дмитрий Германович
Неволин**

Dmitry G. Nevolin

Использование скоростных электропоездов «Ласточка» на межрегиональных маршрутах Уральского федерального округа

The use of high-speed electric trains “Lastochka” (“Swallow”) on interregional routes of the Ural Federal District

Аннотация

В статье анализируется пассажирооборот скоростных электропоездов «Ласточка» на межрегиональных маршрутах Уральского федерального округа: Екатеринбург-Пассажирский — Пермь, Екатеринбург-Пассажирский — Тюмень, Екатеринбург-Пассажирский — Курган. Исследуется динамика цен, рассматриваются достоинства и недостатки подвижного состава «Ласточка».

Ключевые слова: скоростные и высокоскоростные железные дороги, межрегиональные перевозки, инновационный подвижной состав «Ласточка», пассажирооборот, динамика цен.

Abstract

The article analyzes the passenger turnover of high-speed electric trains “Lastochka” (“Swallow”) on interregional routes of the Ural Federal District: Yekaterinburg-Passenger – Perm, Yekaterinburg-Passenger – Tyumen, Yekaterinburg-Passenger – Kurgan. The dynamics of prices is investigated, the advantages and disadvantages of the “Lastochka” (“Swallow”) rolling stock are considered.

Keywords: fast and high-speed railways, interregional transportation, innovative rolling stock “Lastochka” (“Swallow”), passenger turnover, price dynamics.

Авторы Authors

Полина Николаевна Чумак, студентка Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Валерий Михайлович Самуйлов**, д-р техн. наук, действительный член РАН, профессор кафедры «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: samuilov-sv@convex.ru | **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

Polina N. Chumak, Student of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | **Valery M. Samuilov**, Doctor of Technical Sciences, Full Member of the Russian Academy of Sciences, Professor of “World Economy and Logistics” Department of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: samuilov-sv@convex.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

По итогам заседания правления ОАО «РЖД» в 2014 г. было принято решение провести глубокую технологическую реформу пассажирского железнодорожного транспорта для повышения его конкурентоспособности по отношению к другим видам транспорта. Для реализации поставленной цели была разработана Программа организации скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения в Российской Федерации [1].

Программа рассчитана на три этапа. На первом этапе (2015–2020 гг.) были реализованы пилотные проекты высокоскоростного и скоростного движения, наиболее эффективные для перевозчиков, владельцев инфраструктуры и государства. Второй этап (2020–2025 гг.) предполагает расширение региональных направлений и развитие высокоскоростного движения за счет увеличения протяженности ВСМ/СМ, а третий этап (2025–2030 гг.) позволит сформировать полноценные коридоры скоростного и высокоскоростного движения [2].

Для развития скоростного железнодорожного сообщения Уральского федерального округа в рамках второго этапа программы с 2019 г. на межрегиональных маршрутах используются электропоезда «Ласточка». Это подвижной состав усовершенствованного поколения, спроектированный компанией Siemens AG с учетом российских климатических особенностей, технологических стандартов и специальных требований к безопасности и защите окружающей среды.

В 2009 г. был подписан договор о поставке электропоездов между Siemens AG и ОАО «РЖД». После поставок из Германии заключен договор между ОАО «РЖД» и ООО «Уральские локомотивы» о создании предприятия, занимающегося производством современного моторвагонного подвижного состава, которое отвечает всем современным мировым стандартам. В соответствии с договором, заключенным в 2011 г., ООО «Уральские локомотивы» обязуется наладить регулярное производство «Ласточек» в период с 2015 по 2022 г. для пригородных пассажирских перевозок.

Инновационное тормозное оборудование, микропроцессорная система автоведения поезда, система анализа состояния подвижного состава и облегченная конструкция вагонов — эти и другие эксплуатационные характеристики выгодно отличают электропоезд «Ласточка» от других подвижных составов [2].

Электропоезд «Ласточка» с асинхронными тяговыми двигателями предназначен для пассажироперевозок на железных дорогах колеи 1520 мм и представляет эффективное решение для городских, пригородных и межрегиональных перевозок. Новое оборудование позволяет обеспечивать исправную эксплуатационную работу в регионах с температурой воздуха от –40 до +40 °С. Пассажирские салоны оборудованы панорамными окнами с теплоизоляционными свойствами. Надежная микропроцессорная климатическая установка создает комфортный температурный режим при по-

садке/высадке пассажиров как в зимнее, так и в летнее время года. Все вагоны оснащены климатической установкой, состоящей из фильтров грубой и тонкой очистки [2]. Также обеззараживание воздуха производится с помощью ультрафиолетовых ламп, которые полностью безопасны для человека. Салон оборудован розетками для зарядки мобильных устройств, специальными площадками для размещения крупногабаритного багажа и биотуалетами. Особое внимание уделено пассажирам с ограниченными возможностями здоровья — в составе имеются места для инвалидных колясок. За счет комфортабельного расположения мест, формы кресел, классности вагонов, наличия дополнительных санитарных узлов выполняются все заявленные пассажирами требования.

С 2015 г. в Свердловской области скоростные поезда «Ласточка» курсируют до Нижнего Тагила, Каменск-Уральского, Кузино, Шали, Кушвы, Талицы и Серова [2]. В рамках второго этапа Программы организации скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения в РФ электропоезда «Ласточка» введены в эксплуатацию и на межрегиональных маршрутах (рис. 1):

- Екатеринбург-Пассажирский — Пермь, Екатеринбург-Пассажирский — Тюмень (с 9 декабря 2019 г.);
- Екатеринбург-Пассажирский — Курган (с 1 апреля 2020 г.).



Рис. 1. Схема движения скоростных поездов «Ласточка» в Свердловской области и ближайших регионах

Направление Екатеринбург-Пассажирский — Пермь: отправление электропоезда № 802Е из Перми в 06:27, прибытие в Екатеринбург в 11:43 (время в пути — 5 ч. 16 мин.); отправление из Екатеринбурга (электропоезд

№ 803Е) в 17:16, прибытие в Пермь в 22:52 (время в пути — 5 ч. 36 мин.). Поезд следует через станции Бахаревка, Юг, Кукуштан, Кунгур, Кишерть, Шамары, Шалья, Коуровка, Первоуральск.

Направление Екатеринбург-Пассажирский — Тюмень: отправление электропоезда № 811Е из Тюмени в 06:49, прибытие в Екатеринбург в 11:49 (время в пути — 5 ч. 00 мин.); отправление из Екатеринбурга (электропоезд № 814Е) в 17:48, прибытие в Тюмень в 22:18 (время в пути — 4 ч. 30 мин.). Поезд следует через станции Тугулым, Юшала, Талица, Ощепково, Камышлов, Еланский, Богданович.

Направление Екатеринбург-Пассажирский — Курган: отправление из Екатеринбурга электропоезда № 850Е в 16:50, прибытие в Курган 21:48 (время в пути — 4 ч. 58 мин.); отправление из Кургана электропоезда № 849Е в 6:45, прибытие в Екатеринбург в 12:07 (время в пути 5 ч. 22 мин.). Поезд следует через станции Шарташ, Кольцово, Каменск-Уральский, Колчедан, Кайтаск, Далматово, Шадринск, Каргаполье, Кособродск, ОП 352 км [3].

На основании справки о перевозке пассажиров в межрегиональном сообщении поездами «Ласточка», назначенными перевозчиком АО «ФПК», был проведен анализ пассажирооборота по трем направлениям: Екатеринбург-Пассажирский — Тюмень, Екатеринбург-Пассажирский — Пермь и Екатеринбург-Пассажирский — Курган.

В справке представлена статистика по реализации мест в процентном соотношении проданных мест к предложенным Федеральной пассажирской компанией к продаже. Данные представлены в табл. 1.

Процентная реализация мест в 2021 г. превышает итоги 2020 г. Это можно объяснить ограничениями, принятыми в 2020 г. из-за коронавирусной инфекции COVID-19: с 9 апреля 2020 г. были приостановлены пе-

ревозки по направлениям на Пермь и Тюмень. Курсирование по маршруту Екатеринбург-Пассажирский — Тюмень было возобновлено 1 августа 2020 г., а по маршруту Екатеринбург-Пассажирский — Пермь — 1 декабря 2020 г. В 2022 г. эпидемиологическая ситуация улучшилась, число перевозок увеличилось.

Для более глубокого изучения пассажирооборота по рассматриваемым направлениям был проведен анализ реализации предложенных мест в поездах дальнего следования, которые курсируют из Екатеринбурга в Курган, Пермь и Тюмень и в обратном направлении.

По направлению на Курган через Екатеринбург проходит только один состав. На Тюмень и Пермь ежедневно проходит более 20 поездов дальнего следования.

В исследовании произведен анализ за одни сутки. В 2021 г. в течение суток через станцию Екатеринбург-Пассажирский проследовало 14 составов на Тюмень, 6 составов на Пермь и 1 состав на Курган. В табл. 2 представлены данные о количестве проданных мест в поездах дальнего следования и электропоездах «Ласточка», курсирующих по рассматриваемым направлениям.

Ежедневно по исследуемым направлениям через станцию Екатеринбург-Пассажирский проходит более 40 поездов дальнего следования. В 2020 г. применялись меры, ограничивающие распространение коронавирусной инфекции. Поезда «Москва — Челябинск» и «Челябинск — Москва», проходящие через станции Курган и Екатеринбург-Пассажирский, временно отменяли, т.е. в этот период не осуществлялись перевозки поездами дальнего следования по направлению на Курган, курсировала только «Ласточка».

Из таблицы видно, что, несмотря на выгодную стоимость билетов и скорость межрегиональных перевозок, пассажиры отдают предпочтение поездам дальнего следования. Вероятнее всего, это связано с более гибким графиком движения поездов.

Таблица 1

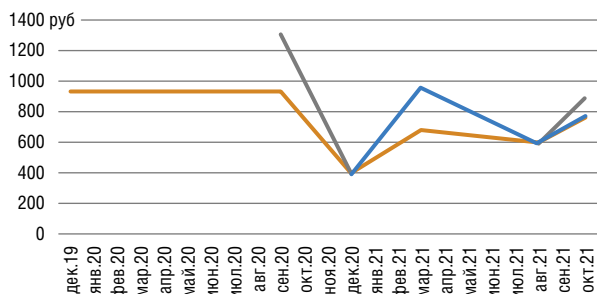
Статистика реализации мест в электропоездах «Ласточка» в УрФО

		Тюмень		Пермь		Курган	
		811Е	814Е	802Е	803Е	849Е	850Е
2020	Предложено мест	57675	58080	36362	36431	64074	64074
	Продано мест	18046	21684	11325	12158	29019	25267
	Реализовано	31,3 %	37,3 %	31,1 %	33,4 %	45,3 %	39,4 %
2021	Предложено место	103716	103716	103155	103206	103716	103764
	Продано мест	76878	74479	59470	58922	96286	84890
	Реализовано	74,1 %	71,8 %	57,7 %	57,1 %	92,8 %	81,8 %

Количество проданных мест в поездах дальнего следования Свердловской железной дороги и электропоездах «Ласточка» за сутки

		Тюмень		Пермь		Курган	
		Из Екатеринбурга	В Екатеринбург	Из Екатеринбурга	В Екатеринбург	Из Екатеринбурга	В Екатеринбург
2020	Электропоезда «Ласточка»	167	75	—	—	137	56
	Поезда дальнего следования	557	529	520	607	—	—
2021	Электропоезда «Ласточка»	121	258	158	296	83	146
	Поезда дальнего следования	1056	946	599	905	225	215

В рамках исследования был проведен анализ динамики цен [4] с начала запуска электропоездов «Ласточка» (рис. 2). Цена билета формируется из стоимости билета (плата за пользование инфраструктурой железной дороги) и стоимости плацкарты (плата за пользование вагоном).



	дек.19	сен.20	дек.20	мар.21	авг.21	окт.21
Тюмень	938	931,1	404	683,7	603,3	765
Курган		1305,3	397,6	958,7	595,5	879
Пермь	1052		397,6	958,7	595,5	772

Рис. 2. Динамика стоимости билетов на электропоезд «Ласточка» в 2020 и 2021 гг.

Исходя из полученных данных, можно отметить, что стоимость билетов по представленным маршрутам менялась как в большую, так и в меньшую сторону. Изменение цены может быть связано с временем года, спросом. Также на стоимость влияют тарифные ставки и скидочные предложения.

Опыт использования электропоезда «Ласточка» выявил ряд недостатков. Движение скоростного межрегионального транспорта неудобно организовано для жителей Екатеринбурга. Стоимость билета изменяется по-

рой не в пользу пассажиров, которые вынуждены покупать билеты на поезда дальнего следования или автотранспорт. Кроме того, встречались проблемы, связанные с путевым и электрохозяйством на направлении Екатеринбург-Пассажирский — Пермь: верхнее строение пути не было подготовлено к развиваемой скорости электропоезда, следовательно, пришлось произвести реконструкцию железнодорожного пути. Стоит отметить, что скоростной подвижной состав может развивать скорость до 160 км/ч, а пути на Свердловской железной дороге не предназначены для скорости выше 120 км/ч. Также в эксплуатации были обнаружены проблемы с электроснабжением.

Выводы

В исследовании проведен анализ пассажирооборота скоростного подвижного состава на межрегиональных маршрутах УрФО, проанализирована динамика цен на билеты, рассмотрены достоинства и недостатки подвижного состава «Ласточка». В рамках реализации Программы организации скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения в Российской Федерации на первом этапе в транспортную систему Свердловской области были внедрены скоростные поезда «Ласточка» по внутренним направлениям, на втором этапе — в межрегиональном сообщении Уральского федерального округа. Сегодня всего за 5 часов можно преодолеть сотни километров и попасть в Пермский край, Тюменскую или Курганскую области. В дальнейшем эксплуатационные характеристики скоростных электропоездов будут улучшены, а график движения модернизирован. ИТ

Список литературы

1. Программа организации скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения в Российской Федерации // АО «Скоростные магистрали». URL: <http://www.hsrail.ru/Projects-vsm/techdocs/programmaVSM/> (дата обращения: 20.09.2022).
2. Самуйлов В. М., Кириленко С. В., Каргапольцева Т. А. Развитие ускоренных пригородных пассажирских перевозок с применением инновационного подвижного состава «Ласточка» // Инновационный транспорт. 2019. № 2 (32). С. 16–22. ISSN 2311–164X.
3. До конца года билеты на «Ласточку» из Екатеринбурга в Тюмень и Курган будут стоить от 395 рублей // Официальный сайт ОАО «РЖД». URL: <https://www.rzd.ru/ru/9284/page/3102?id=255525> (дата обращения: 20.09.2022).
4. Официальный сайт ОАО «РЖД». URL: <https://www.rzd.ru/ru/9269> (дата обращения: 20.09.2022).

References

1. The program of organization of high-speed and high-speed railway communication in the Russian Federation // JSC “High-speed highways”. URL: <http://www.hsrail.ru/Projects-vsm/techdocs/programmaVSM/> (accessed on: 09/20/2022).
2. Samuylov V. M., Kirilenko S. V., Kargapoltseva T. A. Development of accelerated suburban passenger transportation using innovative rolling stock “Swallow” // Innotrans. 2019. No. 2 (32). P. 16–22. ISSN 2311–164X.
3. By the end of the year, tickets for the “Swallow” from Yekaterinburg to Tyumen and Kurgan will cost from 395 rubles // The official website of JSC “Russian Railways”. URL: <https://www.rzd.ru/ru/9284/page/3102?id=255525> (accessed on: 09/20/2022).
4. The official website of JSC “Russian Railways”. URL: <https://www.rzd.ru/ru/9269> (accessed on: 09/20/2022).



Людмила Вячеславовна
Гашкова

Lyudmila V. Gashkova



Ольга Юрьевна
Морозова

Olga Yu. Morozova

Сухой порт: концептуальный обзор

Dry port: a conceptual overview

Аннотация

В статье приводится обзор литературы, посвященной исследованию сухих портов, с целью структурирования информации по основным элементам: понятие, классификация, функции, технологии. Результаты показывают, что не существует единого мнения относительно каталогизации наземных узловых сооружений. Повышенный интерес к генезису и развитию сухих портов вызван интеграцией наземной транспортно-логистической сети с морской системой с целью повышения эффективности функционирования международных транспортных коридоров в современных реалиях.

Ключевые слова: сухой порт, классификация, технологический процесс, модальность, цифровизация.

Abstract

The article provides a review of the references related to the study of dry ports in order to structure the information on the main elements: concept, classification, functions, technologies. The results show that there is no consensus regarding the cataloging of ground nodal facilities. The increased interest in the genesis and development of dry ports is caused by integration of the land transport and logistics network with the maritime system in order to increase the efficiency of the functioning of international transport corridors in modern realities.

Keywords: dry port, classification, technological process, modality, digitalization.

Авторы Authors

Людмила Вячеславовна Гашкова, канд. экон. наук, доцент, зав. кафедрой «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: LGashkova@usurt.ru | *Ольга Юрьевна Морозова*, старший преподаватель кафедры «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: omorozova@usurt.ru

Lyudmila V. Gashkova, Cand. of econ. science, Associate Professor, Head of the Department "World economics and logistics", Ural state university of railway transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: LGashkova@usurt.ru | *Olga Yu. Morozova*, Senior Lecturer World Economy and Logistics Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: omorozova@usurt.ru

Введение

Ускоренное развитие промышленности и сельского хозяйства приводит к необходимости создания более эффективной транспортной инфраструктуры и оказания комплексных услуг, помогающих предприятиям, работающим по всему миру, координировать деятельность в области логистики с целью повышения эффективности функционирования и снижения затрат на основе объединения логистических компонентов.

В связи с этим сухие порты являются привлекательными, так как обладают значительным потенциалом для повышения эффективности перевозок и удовлетворения требований цепочки поставок за счет объединения доступа к автомагистралям и железным дорогам, а также предоставляют возможность складирования, консолидации и распределения потоков, таможенной обработки грузов вдоль внутренних и трансграничных экономических коридоров [1].

Анализ определения

Понятие «сухой порт» изначально использовалось для описания объекта, связывающего морской порт, железную дорогу и интермодальный терминал, на котором грузоотправители могли проводить сборку, сортировку и хранение товаров перед отправкой грузов морем или перераспределение потоков грузов, прибывающих морем. К необходимости создания данных объектов привели проблемы, вызванные ростом контейнерных пе-

ревозок и нехваткой места на терминалах морских портов, а также растущей загруженностью подъездных путей, обслуживающих терминалы [1].

Анализ публикаций показал, что сухие порты в Великобритании и США называют «грузовыми деревнями»; во Франции — «plateforme logistique / plateforme multimodale»; в Италии — «интерпорто»; в Германии — «Güterverkehrszentrum»; в Дании — «транспортный центр», а в Сингапуре и Китае — «логистический центр», «фрахтовая деревня» и «interporto/i» [2]. При этом логистические объекты могут отличаться размерами, территориальной удаленностью до морского порта и видами.

Общим признаком, объединяющим данные объекты, является то, что они предоставляют обширный специализированный набор логистических услуг и выполняют четыре основные логистические функции:

- 1) модальные перевозки между двумя и более видами транспорта;
- 2) консолидация грузов для подготовки к транспортировке;
- 3) складирование товаров, ожидающих отгрузки;
- 4) доставка получателю.

Наиболее распространенными терминами, используемыми для описания подобных объектов, являются «внутренний терминал», «сухой порт» и «грузовая деревня» (табл. 1). Они часто используются в исследованиях для общего определения внутренних терминалов, где предлагаются различные действия по обработке и реализации логистических услуг, а также в работах, посвященных размещению и роли сухих портов в транспортной системе [3–12].

Таблица 1

Обзор публикаций, посвященных сухим портам

Публикация	Понятие	Категории					
		Исторические аспекты	Классификация	Функции	Моделирование	Размещение	Социальные аспекты
[3]	Сухой порт			+	+	+	
[4]	Сухой порт				+	+	
[5]	Внутренний терминал	+	+	+	+	+	
[6]	Грузовая деревня (FV)					+	+
[7]	Грузовая деревня (мультимодальный терминал)	+			+		
[8]	Грузовая деревня (FV)		+	+			
[9]	Грузовая деревня (логистический кластер)				+		+
[10]	Грузовая деревня	+					+
[11]	Грузовая деревня			+	+	+	
[12]	Грузовая деревня (внутренний порт)		+	+		+	

Классификация сухих портов

Признак классификации	Виды
По техническому взаимодействию при смешанных перевозках	Различные комбинации перевозок (автомобильным, железнодорожным, воздушным, водным транспортом)
По выполнению логистических функций	Таможенные процедуры, складские и производственные операции, вплоть до розничной или оптовой деятельности
По близости к портовому узлу	Близко, на среднем расстоянии, далеко
По охвату территории	Региональный, федеральный, международный

Конференция Организации Объединенных Наций по торговле и развитию — ЮНКТАД определяет сухой порт как внутренний терминал, на котором судоходные компании выдают свои собственные коносаменты на импортные и экспортные грузы, принимая на себя полную ответственность за стоимость и условия перевозки [13].

Новое видение проблемы в современных реалиях представляет Экономическая и социальная комиссия ООН для Азии и Тихого океана (ЭСКАТО) в Межправительственном соглашении о сухих портах. Сухой порт международного значения (сухой порт) означает место внутри территории страны с логистическим центром, соединенным с одним или более видами транспорта, предназначенным для обработки, временного хранения и осмотра грузов, перевозимых в процессе международной торговли, и совершения применимых таможенных контрольных функций и формальностей [14].

Таким образом, сухой порт — это интермодальный терминал с высокой пропускной способностью, через который проходят большие потоки товаров, производится перевалка груза на основе различных способов модальности с предоставлением широкого спектра логистических услуг.

Классификация

Концепция сухого порта трансформируется с начала своего суще-

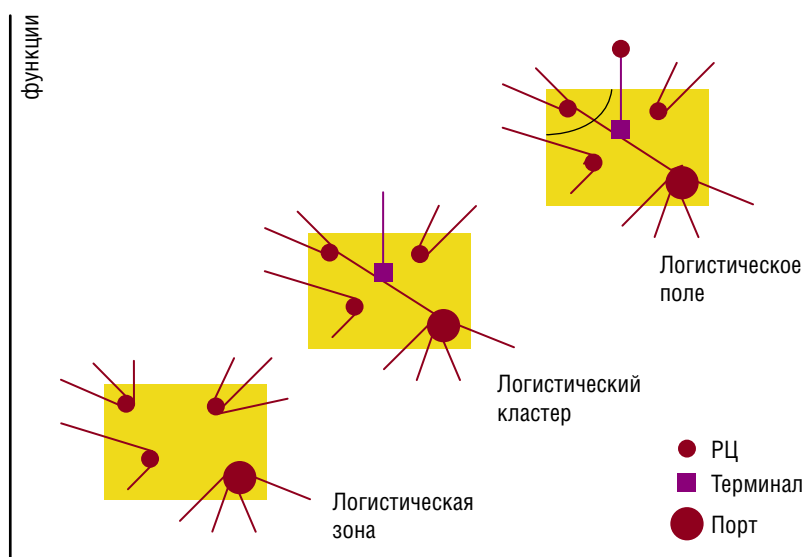


Рис. 1. Функциональность сухого порта

ствования (1960–1980 гг.) до сегодняшних дней. В настоящее время не существует единой классификации сухих портов. Авторами статьи предложена следующая классификация в зависимости от функциональности и масштабы объекта (табл. 2).

Функции

В целом выполняемые функции во многом определяются расположением объекта с учетом важнейших хозяйственно-финансовых зон обслуживания, структурой долевого участия, а также техническими характеристиками терминала. Во многом функциональность сухого порта зависит от его масштабы (рис. 1).

Являясь частью цепочек поставок, сухой порт играет значительную роль не только в международном, но и во внутреннем сообществе:

- интегрирует процессы в транспортно-логистической системе, укрепляя взаимосвязь и бесперебойное перемещение грузов;
- способствует снижению стоимости перевозок и логистических услуг;
- расширяет доступ к внутренним районам и регионам, тем самым снижая затраты на перевозки;
- способствует увеличению объемов торговли, повышению эффективности на основе модальной диверсификации и гармонизации.

Одной из основных функций внутренних терминалов является обслуживание своей зоны влияния всеми видами транспорта на основе интеграции логистических компонентов (рис. 2).



Рис. 2. Взаимосвязь бизнес-единиц сухого порта

ЭСКАТО выделяет интегрированные функции сухого порта, представленные на рис. 3.

Таким образом, сухие порты играют важную роль в транспортной цепочке благодаря важной функции соединения порта с его внутренними районами. Такое подключение, несомненно, выгодно для всех операторов, участвующих в транспортной цепочке.

Технология

Технологические процессы сухого порта представляют собой деятельность, которая проводится с целью повышения качества обработки грузов и требует соответствующих технологических элементов и работы в режиме реального времени. Важным условием функционирования сухого порта является заинтересованность всех участников в логистическом процессе. Чтобы оставаться эффективными, заинтересованные стороны должны делать больше, чем просто внедрять современные технологии самостоятельно. ЭСКАТО отмечает, что, рассматривая логистическую цепочку, особое внимание уделяется не оператору, а интегрированной цифровой платформе управления транспортными и грузовыми потоками, соединяющей все заинтересованные стороны [15].

Сухой порт осуществляет свою деятельность на основе объединения технологического процесса в единую систему с использованием электронного документооборота. Таким образом, «...цифровизация сейчас является первым шагом к улучшению ситуации с работой сухого порта путем преобразования всей необходимой информации в цифровую форму, что делает ее доступной для централизованного использования и управления и открывает новые возможности» [15].

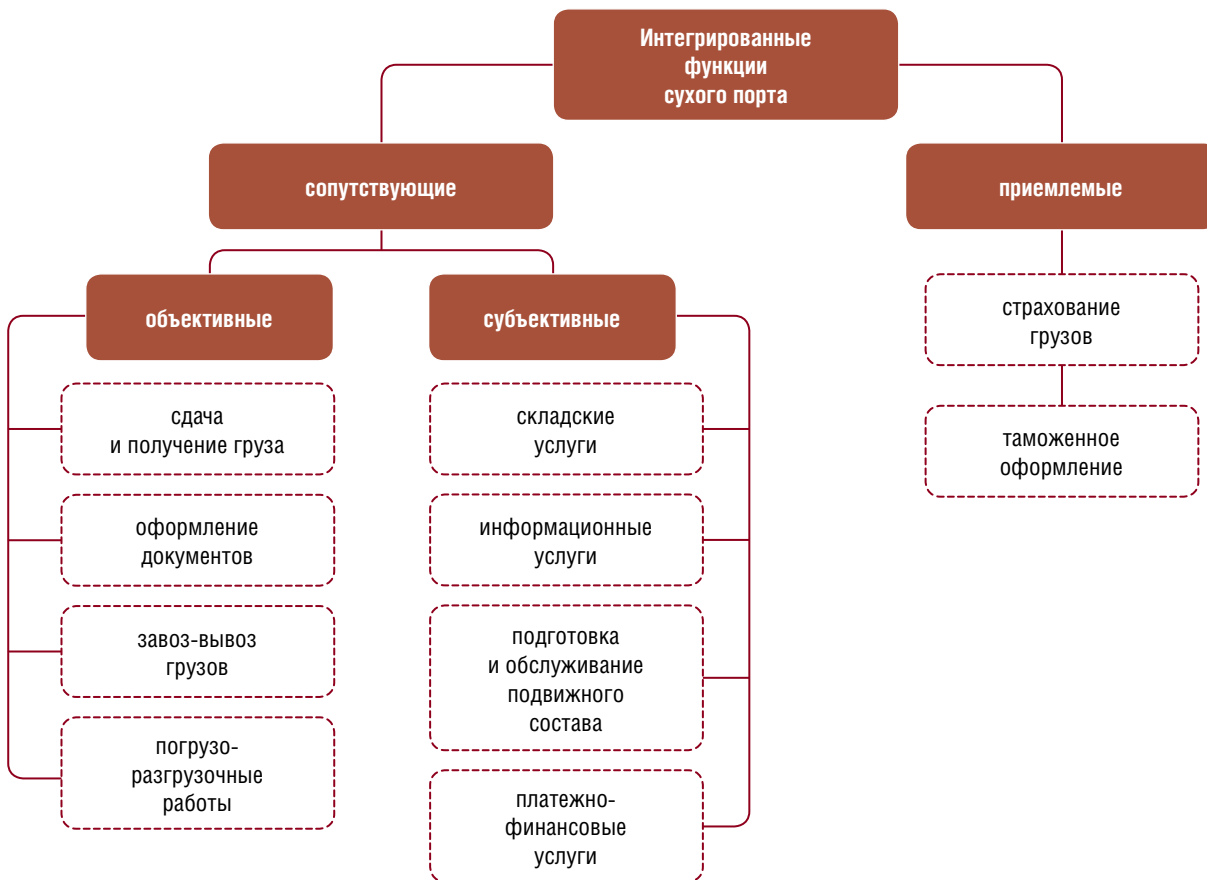


Рис. 3. Классификация функций сухого порта

Куракова А. Ю. [16] отмечает, что сотрудничество между всеми заинтересованными сторонами является необходимым условием для успешного управления транспортной сетью. Модель сухого порта может быть построена на основе государственно-частного партнерства с использованием различных моделей взаимоотношений между операторами терминалов и внешними заинтересованными сторонами, а также по типу отношений между операторами терминалов и поставщиками логистических услуг на терминалах.

Заключение

В настоящее время не существует единого подхода к концепции сухого порта. Во многом это связано с расширением спектра функциональности и масштабности данных объектов транспортно-логистической системы.

Сухие порты превратились в сложные партнерские сети, включающие в себя органы власти, терминалы, судоводные линии, автотранспортные и логистические компании, а также поставщиков услуг по хранению товаров вне территории порта. Заинтересованные стороны должны применять современные информационные и коммуникационные технологии, цифровые решения и инновационные бизнес-модели для повышения привлекательности интермодальных и мультимодальных перевозок, а также для разработки общерегионального стратегического видения цифровых транспортных коридоров [1].

Применение единых информационно-коммуникационных технологий в сухих портах позволит обеспечить конкурентоспособность на рынке транспортных услуг. Использование концепции сухого порта становится важным шагом по наращиванию логистического потенциала в продолжающейся цифровой трансформации транспортного сектора. **ИТ**

Список литературы

1. Учебное пособие по сухим портам / Экономическая и социальная комиссия Организации Объединенных Наций для Азии и Тихого океана. URL: <https://www.unescap.org/sites/default/files/%D0%A3%D1%87%D0%B5%D0%B1%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%B5%20%D0%BF%D0%BE%20%D1%81%D1%83%D1%85%D0%B8%D0%BC%20%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B0%D0%BC%202020.pdf>.
2. Varese E., Marigo D. S., Lombardi M. Dry Port: A Review on Concept, Classification, Functionalities and Technological Processes. DOI:10.3390/logistics4040029. URL: https://www.researchgate.net/publication/346761427_Dry_Port_A_Review_on_Concept_Classification_Functionalities_and_Technological_Processes.
3. Jeevan J., Chen S., Lee E. The challenges of Malaysian dry ports development // Asian J. Shipp. Logist. 2015. Vol. 31. P. 109–134. URL: https://www.researchgate.net/publication/274404691_The_Challenges_of_Malaysian_Dry_Ports_Development.
4. Dorostkar E., Shahbazi S., Naeini S. A. The effect of forming dry port in spatial and regional planning system in Yazd Province // J. Eng. Appl. Sci. 2016. Vol. 11. P. 145–152. URL: <https://medwelljournals.com/ref.php?doi=jeasci.2016.145.152>.
5. Rožic T., Rogic K., Bajor I. Research trends of inland terminals: A literature review // Promet Traffic Transp. 2016. Vol. 28. P. 539–548. URL: https://www.researchgate.net/publication/309873906_Research_Trends_of_Inland_Terminals_A_Literature_Review.
6. Özceylan E., Erbas, M., Tolon M., Kabak M., Durgut T. Evaluation of freight villages: A GIS-based multi-criteria decision analysis // Comp. Ind. 2016. Vol. 76. P. 38–52. URL: https://www.researchgate.net/publication/288917921_Evaluation_of_freight_villages_A_GIS-based_multi-criteria_decision_analysis.

References

1. Training manual on Dry ports / United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. URL: <https://www.unescap.org/sites/default/files/%D0%A3%D1%87%D0%B5%D0%B1%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%B5%20%D0%BF%D0%BE%20%D1%81%D1%83%D1%85%D0%B8%D0%BC%20%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B0%D0%BC%202020.pdf>.
2. Varese E., Marigo D. S., Lombardi M. Dry Port: A Review on Concept, Classification, Functionalities and Technological Processes. DOI:10.3390/logistics4040029. URL: https://www.researchgate.net/publication/346761427_Dry_Port_A_Review_on_Concept_Classification_Functionalities_and_Technological_Processes.
3. Jeevan J., Chen S., Lee E. The challenges of Malaysian dry ports development // Asian J. Shipp. Logist. 2015. Vol. 31. P. 109–134. URL: https://www.researchgate.net/publication/274404691_The_Challenges_of_Malaysian_Dry_Ports_Development.
4. Dorostkar E., Shahbazi S., Naeini S. A. The effect of forming dry port in spatial and regional planning system in Yazd Province // J. Eng. Appl. Sci. 2016. Vol. 11. P. 145–152. URL: <https://medwelljournals.com/ref.php?doi=jeasci.2016.145.152>.
5. Rožic T., Rogic K., Bajor I. Research trends of inland terminals: A literature review // Promet Traffic Transp. 2016. Vol. 28. P. 539–548. URL: https://www.researchgate.net/publication/309873906_Research_Trends_of_Inland_Terminals_A_Literature_Review.
6. Özceylan E., Erbas, M., Tolon M., Kabak M., Durgut T. Evaluation of freight villages: A GIS-based multi-criteria decision analysis // Comp. Ind. 2016. Vol. 76. P. 38–52. URL: https://www.researchgate.net/publication/288917921_Evaluation_of_freight_villages_A_GIS-based_multi-criteria_decision_analysis.

7. Afandizadeh S., Moayedfar R. The feasibility study on creation of freight village in Hormozgan Province // Transport. 2008. Vol. 2. P. 167–171. URL: https://www.researchgate.net/publication/26541965_The_feasibility_study_on_creation_of_freight_village_in_Hormozgan_Province.
8. Europlatforms. FV-2000-Quality of Freight Villages Structure and Operations / European Commission Directorate General for Energy and Transport, 2000. URL: <https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/fv2000.pdf>.
9. Higgins C. D., Ferguson M. An Exploration of the Freight Village Concept and Its Applicability to Ontario; McMaster Institute for Transportation and Logistics: Hamilton, ON, Canada, 2011. URL: https://www.researchgate.net/publication/257929391_An_Exploration_of_the_Freight_Village_Concept_and_its_Applicability_to_Ontario.
10. Baydar A. M., Süral H., Çelik M. Freight villages: A literature review from the sustainability and societal equity perspective // J. Clean. Prod. 2017. Vol. 167. P. 1208–1221. URL: https://www.researchgate.net/publication/318771162_Freight_villages_A_literature_review_from_the_sustainability_and_societal_equity_perspective.
11. Yang C., Taudes A., Dong G. Efficiency analysis of European Freight Villages: Three peers for benchmarking // Cent. Eur. J. Oper. Res. 2017. Vol. 1. P. 91–122. URL: https://www.researchgate.net/publication/283426912_Efficiency_analysis_of_European_Freight_Villages_three_peers_for_benchmarking.
12. Wu J., Haasis H.-D. The freight village as a pathway to sustainable agricultural products logistics in China // J. Clean. Prod. 2018. Vol. 196. P. 1227–1238. URL: https://www.researchgate.net/publication/325728559_The_freight_village_as_a_pathway_to_sustainable_agricultural_products_logistics_in_China.
13. United Nations Conference on Trade and Development — UNCTAD. Handbook on the Management and Operation of Dry Ports. Geneva, Switzerland, 1991. URL: https://unctad.org/system/files/officialdocument/rdpldc7_en.pdf.
14. Межправительственное соглашение о «сухих портах» / Экономическая и социальная комиссия Организации Объединенных Наций для Азии и Тихого океана. URL: <https://www.unescap.org/resources/intergovernmental-agreement-dry-ports>.
15. Цифровые решения для работы сухих портов / Экономическая и социальная комиссия Организации Объединенных Наций для Азии и Тихого океана. URL: <https://www.unescap.org/sites/default/files/%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B5%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D1%81%D1%83%D1%85%D0%B8%D1%85%20%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%BE%D0%B2%202020%5B11970%5D.pdf>.
16. Курова А. Ю. Организационно-методическое обеспечение процессов формирования и функционирования логистических центров : автореф. ... дис. канд. экон. наук. М., 2015.
7. Afandizadeh S., Moayedfar R. The feasibility study on creation of freight village in Hormozgan Province // Transport. 2008. Vol. 2. P. 167–171. URL: https://www.researchgate.net/publication/26541965_The_feasibility_study_on_creation_of_freight_village_in_Hormozgan_Province.
8. Europlatforms. FV-2000-Quality of Freight Villages Structure and Operations / European Commission Directorate General for Energy and Transport, 2000. URL: <https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/fv2000.pdf>.
9. Higgins C. D., Ferguson M. An Exploration of the Freight Village Concept and Its Applicability to Ontario; McMaster Institute for Transportation and Logistics: Hamilton, ON, Canada, 2011. URL: https://www.researchgate.net/publication/257929391_An_Exploration_of_the_Freight_Village_Concept_and_its_Applicability_to_Ontario.
10. Baydar A. M., Süral H., Çelik M. Freight villages: A literature review from the sustainability and societal equity perspective // J. Clean. Prod. 2017. Vol. 167. P. 1208–1221. URL: https://www.researchgate.net/publication/318771162_Freight_villages_A_literature_review_from_the_sustainability_and_societal_equity_perspective.
11. Yang C., Taudes A., Dong G. Efficiency analysis of European Freight Villages: Three peers for benchmarking // Cent. Eur. J. Oper. Res. 2017. Vol. 1. P. 91–122. URL: https://www.researchgate.net/publication/283426912_Efficiency_analysis_of_European_Freight_Villages_three_peers_for_benchmarking.
12. Wu J., Haasis H.-D. The freight village as a pathway to sustainable agricultural products logistics in China // J. Clean. Prod. 2018. Vol. 196. P. 1227–1238. URL: https://www.researchgate.net/publication/325728559_The_freight_village_as_a_pathway_to_sustainable_agricultural_products_logistics_in_China.
13. United Nations Conference on Trade and Development — UNCTAD. Handbook on the Management and Operation of Dry Ports. Geneva, Switzerland, 1991. URL: https://unctad.org/system/files/officialdocument/rdpldc7_en.pdf.
14. Intergovernmental Agreement on Dry Ports / United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. URL: <https://www.unescap.org/resources/intergovernmental-agreement-dry-ports>.
15. Digital solutions for dry ports / United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. URL: <https://www.unescap.org/sites/default/files/%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B5%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D1%81%D1%83%D1%85%D0%B8%D1%85%20%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%BE%D0%B2%202020%5B11970%5D.pdf>.
16. Kurova A. Yu. Organizational and methodological support of the processes of formation and functioning of logistics centers: abstract ... dis. Candidate of Economic Sciences. M., 2015.



Татьяна Алексеевна
Ветрова

Tatiana A. Vetrova

Преимущества введения динамического управления общественным транспортом

Advantages of introducing the dynamic public transport management

Аннотация

В статье рассматривается прямое и косвенное влияние введения динамического управления общественным транспортом на городскую транспортную сеть. Выделены прогнозируемые положительные эффекты для различных групп благополучателей. В качестве параметров, отражающих целесообразность введения динамического управления городским пассажирским транспортом, предложены сложные и конечные выгоды.

Ключевые слова: общественный транспорт, городской пассажирский транспорт, управление перевозками, оперативная маршрутизация.

Abstract

The article examines the direct and indirect impact of the introduction of dynamic public transport management on the urban transport network. The predicted positive effects for various groups of beneficiaries are highlighted. Complex and final benefits are proposed as parameters reflecting the feasibility of introducing dynamic management of urban passenger transport.

Keywords: public transport, urban passenger transport, transportation management, operational routing.

Авторы Authors

Татьяна Алексеевна Ветрова, аспирант кафедры «Организация перевозок и дорожного движения» Донского государственного технического университета, г. Ростов-на-Дону, Россия; ассистент кафедры «Транспортные технологии» Автомобильно-дорожного института Донецкого национального технического университета, г. Горловка, Донецкая Народная Республика; e-mail: vedmatanka@mail.ru

Tatiana A. Vetrova, postgraduate student of the department "Transportation and Traffic Management", Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia; assistant of the department "Transport technologies", Automobile-Highway Institute of Donetsk National Technical University, DPR, Gorlovka; e-mail: vedmatanka@mail.ru

В современных условиях наблюдается тенденция увеличения транспортной подвижности населения, повышение плотности транспортных потоков, а также их существенная изменчивость в пространстве и времени, что приводит к негативному воздействию на перевозочный процесс городского пассажирского транспорта. Ухудшение показателей функционирования общественного транспорта вызвано как внешними факторами, так и внутренними причинами, основной из которых является несоответствие уровня управления современным требованиям. В первую очередь речь идет об оперативном управлении перевозочным процессом [1, 2].

В данной статье рассматриваются преимущества введения динамического управления общественным транспортом как способа решения указанных выше проблем.

В работе [3] автором определены группы выгодополучателей от внедрения динамического управления маршрутами общественного транспорта. Их предложено разделить на активных и пассивных (рис. 1).

К активным выгодополучателям относятся те, кто непосредственно пользуется динамической сетью городского пассажирского транспорта или получает прямые выгоды от ее работы. К ним отнесем пассажиров, перевозчиков и государство.

Пассивные выгодополучатели могут не участвовать в работе динамической системы, но получать косвенные выгоды. К ним, например, можно отнести других участников движения и население города в целом. Под другими участниками движения подразумеваем водителей и пассажиров личного транспорта, пешеходов, велосипедистов и т.д., под населением города — жителей города, не участвующих в данный момент в перевозочном процессе.

На рис. 2 представлен эффект от внедрения системы динамического управления общественным транспортом.

Автором выделено два вида возникающих воздействий — прямое и косвенное. Прямое воздействие выражается в рациональном распределении общественного транспорта по сети (по количеству и направлениям). Косвенный эффект состоит в повышении привлекательности общественного транспорта и снижении роста количества индивидуального транспорта.

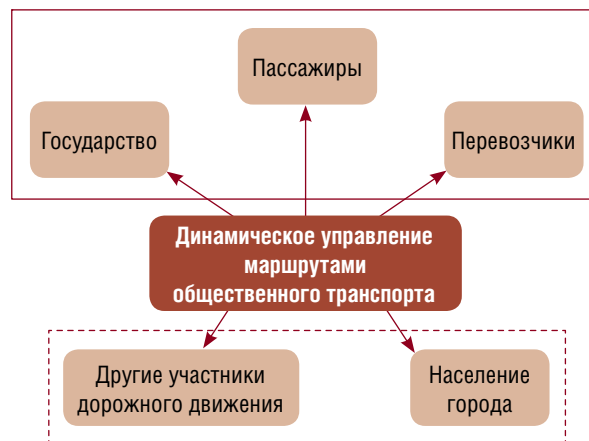


Рис. 1. Выгодополучатели от внедрения динамического управления общественным транспортом: — активные выгодополучатели; - - - - пассивные выгодополучатели

Оба воздействия на сеть потенциально приведут к снижению загрузки улично-дорожной сети (УДС).

Эффект в виде снижения загрузки УДС можно отнести к сложным выгодам, так как он, в свою очередь, влияет:

- на расход топлива;
- на время в пути → снижение утомляемости;
- на риск возникновения ДТП → снижение материального ущерба объектам инфраструктуры, снижение травматизма, снижение смертности (рис. 3).

Уменьшение расхода топлива, снижение утомляемости, снижение травматизма и др. можно назвать простыми (конечными) выгодами.

Помимо воздействия на загрузку улично-дорожной сети, внедрение динамического управления общественным транспортом обеспечит ряд положительных эффектов (рис. 4):

- увеличение полезной площади города;
- снижение экологического загрязнения;
- повышение комфорта поездки;
- снижение непроизводительных затрат на перевозку → повышение рентабельности перевозок → увеличение налоговых отчислений.

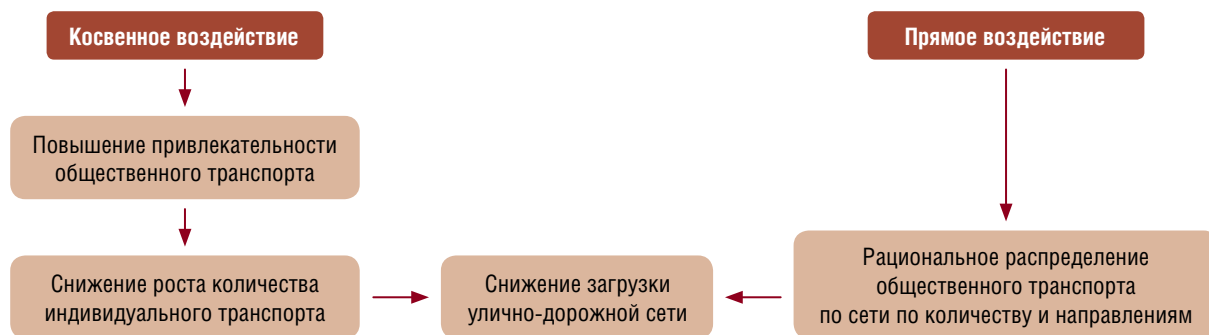


Рис. 2. Эффект от внедрения системы динамического управления общественным транспортом



Рис. 3. Эффект от снижения загрузки улично-дорожной сети

Все они относятся к сложным выгодам, включающим в себя множество конечных выгод. В данной работе подробно рассматриваются только те, которые имеют непосредственное отношение к перевозочному процессу.

Таким образом, можно говорить о предполагаемых положительных результатах от внедрения динамического управления общественным транспортом в виде эффектов двух типов — прямого и косвенного. Для дальнейшей формализации предложенных теоретических положений можно выделить конкретные выгоды и разделить их на сложные и простые (конечные). Следующим этапом в работе по данному вопросу будет разработка интегрального показателя оценки состояния транспортной сети, который позволит более точно определить эффект от внедрения динамического управления маршрутами городского общественного транспорта. **ИТ**

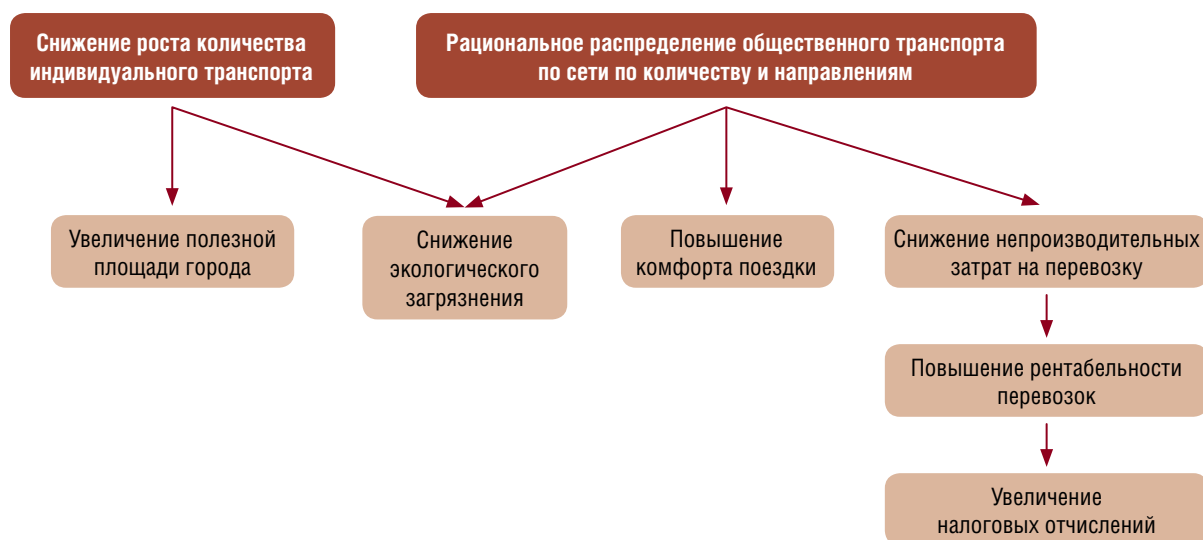


Рис. 4. Эффекты от внедрения системы динамического управления общественным транспортом

Список литературы

1. Зырянов В. В., Фефилова А. А., Чулкинов Н. Н. Динамическая маршрутизация транспортных потоков как метод снижения транспортной нагрузки на элементы УДС // Мир транспорта и технологических машин. 2018. № 1 (60). С. 74–80. ISSN 2073–7432.
2. Новиков А. Н., Кулев А. В., Кулев М. В., Кулева Н. С. Методика организации маршрутной сети городского пассажирского транспорта общего пользования // Мир транспорта и технологических машин. 2015. № 1 (48). С. 85–92. ISSN 2073–7432.
3. Ветрова Т. А. Социально-экономический проект «Динамическое управление городским пассажирским транспортом» // Менеджмент: теория и практика. 2021. № 1–2. С. 101–106. ISSN 2310–0613.

References

1. Zyryanov V. V., Feofilova A. A., Chuklinov N. N. Dynamic routing of traffic flows as a method of reducing the transport load on UDS elements // The World of transport and technological machines. 2018. No. 1 (60). P. 74–80. ISSN 2073–7432.
2. Novikov A. N., Kulev A. V., Kulev M. V., Kuleva N. S. Methodology of the organization of the route network of public urban passenger transport // The World of transport and technological machines. 2015. No. 1 (48). P. 85–92. ISSN 2073–7432.
3. Vetrova T. A. Socio-economic project “Dynamic management of urban passenger transport” // Management: theory and practice. 2021. No. 1–2. P. 101–106. ISSN 2310–0613.



**Артур Игоревич
Петров**
Artur I. Petrov



**Владислав Александрович
Игнатьюгин**
Vladislav A. Ignatyugin

Устойчивость процессов функционирования городского общественного транспорта Тюмени в условиях острой фазы пандемии COVID-19

Stability of Tyumen city public transport functioning in the conditions of the COVID-19 pandemic acute phase

Аннотация

Ограничение мобильности жителей городов в период пандемии COVID-19 (апрель, май, июнь 2020 г. — полный локдаун; другие периоды 2020–2022 гг. — локдауны ограниченного действия) стало серьезным испытанием для систем управления городским общественным транспортом (ГОТ). Обвальное снижение спроса на услуги ГОТ со стороны горожан вызвало управленческую попытку подстройки провозной способности транспортной системы с целью поиска нового уровня баланса спроса-предложения. На примере системы ГОТ г. Тюмени рассматриваются вопросы качества такой управленческой подстройки и методика количественной оценки устойчивости перевозочного процесса в период первого года жизненного цикла COVID-19.

Ключевые слова: городской общественный транспорт (ГОТ), Тюмень, перевозочный процесс, устойчивость системного функционирования, индекс эластичности, COVID-19.

Abstract

Limiting the mobility of urban residents during the COVID-19 pandemic (April, May, June 2020 – the full lockdown; other periods of 2020–2022 – the limited lockdowns) became a serious test for urban public transport management systems (UPT). The collapse in demand for UPT services from the citizens caused a managerial attempt to build the carrying capacity of the transport system in order to find a new level of supply-demand balance. On the example of the UPT system in Tyumen, the issues of the quality of such managerial adjustment and methodology for quantitative assessment of the transportation process stability during the first year of the COVID-19 life cycle are considered.

Keywords: urban public transport (UPT), Tyumen, transportation process, stability of system functioning, elasticity index, COVID-19.

Авторы Authors

Артур Игоревич Петров, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» Тюменского индустриального университета, Тюмень; e-mail: ArtIgPetrov@yandex.ru | **Владислав Александрович Игнатьюгин**, аспирант Тюменского индустриального университета, Тюмень; e-mail: transportnik91@gmail.com

Artur I. Petrov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of “Operation of Automotive Transport” Department of Tyumen Industrial University, Tyumen; e-mail: ArtIgPetrov@yandex.ru | **Vladislav A. Ignatyugin**, Postgraduate student of Tyumen Industrial University, Tyumen; e-mail: transportnik91@gmail.com

Введение

Сегодня по прошествии почти трех лет с момента начала пандемии COVID-19 и всех сопутствующих ей проблем в организации общественной жизни можно проанализировать ход тех событий (весна 2020 г. — весна 2021 г.) и попытаться оценить степень успешности деятельности организаторов транспортного обслуживания населения российских городов в весьма непростых условиях антиковидного локдауна.

Известно, что управление — род профессиональной деятельности, направленной на перевод управляемой системы из фактического состояния в состояние желаемое [1]. Образ цели управления может быть весьма многозначным, однако среди большого числа задач управления непременно присутствует задача обеспечения устойчивости системного функционирования [2].

Понятие устойчивости до сих пор не определено однозначно. Причин этому множество; одной из важнейших является тот факт, что существует разночтение термина и различная семантическая интерпретация понятия «устойчивость» в рамках различных отраслей знаний (точные науки, естествознание, социальные науки) [3]. В связи с этим определим то значение, в рамках которого трактуется понятие «устойчивость» в данном исследовании.

Устойчивость транспортной системы как системное свойство необходимо интерпретировать как способность системы в неопределенных условиях своего существования сохранять (возможно, и с некоторыми незначительными деформациями) приданные ей определенные качества, признаки или характеристики.

Устойчивость процессов функционирования ГОТ — свойство системы ГОТ поддерживать характеристики функционирования в определенном диапазоне значений, установленном менеджментом, с учетом ресурсных возможностей самой системы.

Постановка задачи

В рамках данной статьи исследуется совместная динамика изменения во времени (в течение года — с 1.03.2020 по 28.02.2021) двух характеристик состояния системы ГОТ Тюмени — суточного числа выполняемых подвижным составом ГОТ Тюмени рейсов $Z_{сут\ i}$ и соответствующих им суточных объемов перевозок $Q_{сут\ i}$. Разумеется, между этими показателями существует высокая степень корреляционной связи [4, 5], обычно оцениваемой посредством универсальной меры зависимости одной случайной величины от множества других — коэффициента детерминации R^2 . Как известно [6], коэффициент детерминации R^2 представляет собой долю вариации зависимой переменной, которая предсказуема по независимой переменной. В большинстве случаев

для зависимости $Q_{сут\ i} = f(Z_{сут\ i})$ значение коэффициента детерминации $R^2 \approx 0,75–0,80$ [4]. Однако в моменты дефицита или, наоборот, избытка провозных возможностей ГОТ (как это было в момент острой фазы COVID-19) эта корреляция нарушается. Так, в случае исследуемого периода времени (1.03.2020–28.02.2021) корреляционная связь между характеристиками $Q_{сут\ i}$ и $Z_{сут\ i}$, фактически зафиксированными для системы ГОТ Тюмени, описывалась значением $R^2 = 0,48$ (рис. 1).

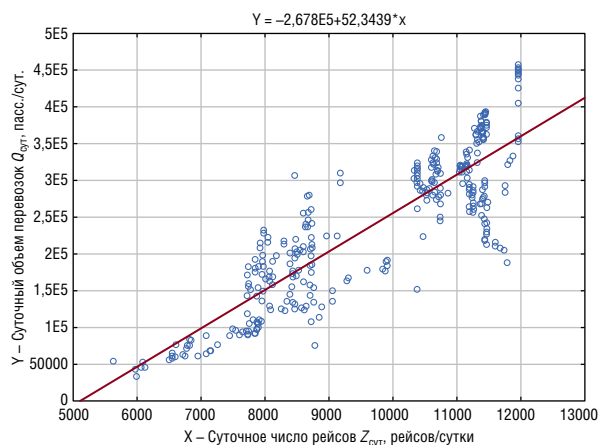


Рис. 1. Графическое изображение зависимости $Q_{сут\ i} = f(Z_{сут\ i})$ для ГОТ Тюмени в период 01.03.2020–28.02.2021

Объясняется это наличием ряда флуктуаций величин как $Q_{сут\ i}$, так и $Z_{сут\ i}$. Степень влияния этих флуктуаций на перевозочный процесс ГОТ можно количественно оценить с помощью индекса эластичности $EL_{Q_{сут}}$. Сам факт отклонения показателя $EL_{Q_{сут}}$ от идеального значения $EL_Q = 1$ свидетельствует о некотором нарушении системной устойчивости относительно теоретического идеала. Значение индекса эластичности $EL_Q = 1$ свидетельствует о балансе между величинами $Q_{сут\ i}$ и $Z_{сут\ i}$, характерном для определенного временного отрезка. Дискуссионным является вопрос о диапазоне допустимых значений $EL_{Q_{сут}}$ [$EL_{Q_{сут\ min}}$; $EL_{Q_{сут\ max}}$], в рамках которого исследуемый процесс все же может быть признан устойчивым. В рамках данного исследования предложен вариант ответа на этот дискуссионный вопрос.

Методика решения задачи

Понятие эластичности было введено в социоэкономический анализ А. Маршаллом [7]. Эластичность характеризует меру реагирования относительного изменения одной переменной величины на относительное изменение другой переменной величины. Пусть величина Y зависит от X , и эта зависимость описывается функцией $Y = f(X)$. Если коэффициент (или индекс) эластичности изменения переменной Y при изменении X обозна-

чить EL_x^y , то, используя определение производной, получим (1) и (2):

$$EL_x^y = \lim_{\Delta X \rightarrow 0} \frac{\Delta Y}{\Delta X} \cdot \frac{X}{Y}; \quad (1)$$

$$EL_x^y = f'(x) \cdot \frac{X}{Y}. \quad (2)$$

В контексте понимания того, что системная устойчивость — свойство, характеризующее способность системы сохранять свое текущее состояние при влиянии внешних воздействий, применим индекс эластичности EL для идентификации устойчивости процессов функционирования ГОТ.

Для любой системы важно сохранять некий баланс (равновесие). В этой парадигме индекс эластичности EL в общем виде определяется как (3):

$$EL = \left(\frac{\frac{\Delta Y}{Y}}{\frac{\Delta X}{X}} \right), \quad (3)$$

где X, Y — предиктор и результирующая соответственно; ΔX — изменение значения показателя предиктора; ΔY — изменение значения показателя результирующей.

Для системы ГОТ это равновесие между спросом на транспортные услуги и транспортным предложением [8, 9]. Для случая идентификации устойчивости процессов функционирования ГОТ нас интересует эластичность объемов перевозок $Q_{сут i}$ при изменении числа рейсов $Z_{сут j}$, выполняемых перевозчиками. Индекс эластичности $EL_{Q_{сут}}$ определяется в этом случае по формуле (4):

$$EL_{Q_{сут}} = \left(\frac{\frac{\Delta Q_{сут i}}{Q_{сут i}}}{\frac{\Delta Z_{сут j}}{Z_{сут j}}} \right), \quad (4)$$

где $\Delta Q_{сут i}$ — отклонение значения суточного объема перевозок $Q_{сут i}$ от среднесуточного за период $Q_{ср.сут}$; $Q_{ср.сут}$ — расчетное за период среднесуточное значение $Q_{сут}$; $\Delta Z_{сут j}$ — отклонение значения суточного числа рейсов $Z_{сут j}$ от среднесуточного числа рейсов за пе-

риод $Z_{ср.сут}$; $Z_{ср.сут}$ — расчетное за период среднесуточное значение $Z_{сут}$.

Количественно оценив значения индекса эластичности ГОТ Тюмени $EL_{Q_{сут}}$ для всех 365 дней в течение периода с 1.03.2020 по 28.02.2021, можно судить о фактическом состоянии устойчивости процессов функционирования ГОТ.

Результаты

В табл. 1 представлен пример расчета значения $EL_{Q_{сут}}$ для системы ГОТ Тюмени по состоянию на 1.03.2020 г. Аналогичным образом были рассчитаны значения $EL_{Q_{сут}}$ для всех 365 дней периода.

Расчетное значение $EL_{Q_{сут}} = 0,0189$ необходимо понимать как свидетельство некоторого отклонения характеристик фактического процесса перевозок пассажиров ($Z_{сут}, Q_{сут}$) от идеального состояния, которое характеризуется $EL_{Q_{сут}} = 1$. Заметим, что $EL_{Q_{сут i}}$ приобретает отрицательные значения при разнонаправленном изменении числа выполняемых рейсов Z_i и фактических объемов перевозок Q_i . Индекс эластичности $EL_{Q_{сут i}}$ приобретает положительные значения при однонаправленном, но несоразмерном изменении обоих показателей.

На рис. 2 представлена динамика изменения индекса эластичности ГОТ Тюмени $EL_{Q_{сут}}$ для всех 365 дней в течение периода с 1.03.2020 по 28.02.2021.

Скользящая средняя наглядно идентифицирует динамику изменения устойчивости ГОТ Тюмени в годовом цикле. Анализ рис. 1 позволяет понять, что в течение года были определенные периоды нарушения устойчивости процессов функционирования городского общественного транспорта Тюмени. И в целом эта картина не противоречит общим закономерностям формирования системной устойчивости во времени [10].

Обсуждение результатов

Для более точного понимания того, насколько устойчив был процесс функционирования ГОТ Тюмени количественно, необходимо оценить особенности статистического распределения фактических значений $EL_{Q_{сут}}$ в годовом цикле [11] и понять, как часто значения $EL_{Q_{сут}}$

Таблица 1

Пример расчета значения $EL_{Q_{сут}}$ для ГОТ Тюмени (1.03.2020)

$Q_{сут}$, пасс.	$\Delta Q_{сут}$, пасс.	$\Delta Q_{сут}/Q_{ср.сут 365}$	$Z_{сут}$, рейсов	$\Delta Z_{сут}$, рейсов	$\Delta Z_{сут}/Z_{ср.сут 365}$	$EL_{Q_{сут}}$
242535	-487	-0,0020	8724	-1035	-0,1061	0,0189

Примечание. В расчетах принято, что $Q_{ср.сут 365} = 243022$ пасс./сутки; $Z_{ср.сут 365} = 9759$ рейсов/сутки.

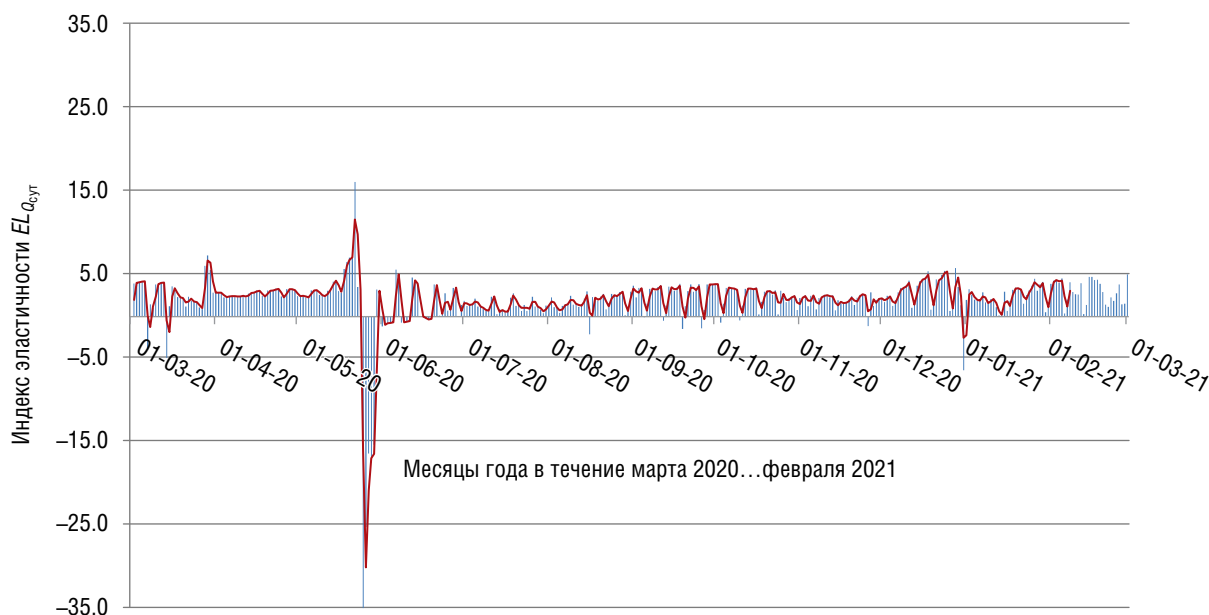


Рис. 2. Динамика индекса эластичности ГОТ Тюмени $EL_{Q_{сут}}$ в годовом цикле

отклоняются от диапазона $[EL_{Q_{сут}} - \sigma; EL_{Q_{сут}} + \sigma]$. Этот диапазон значений $EL_{Q_{сут}}$ можно принять как диапазон допустимых значений, обеспечивающих системную устойчивость [12].

Установлено, что для фактического распределения (для 365 значений) величин $EL_{Q_{сут}i}$ значение $\sigma = 3,207$, притом что значение математического ожидания величин $EL_{Q_{сут}i}; \mu_{EL} = 1,891$. Таким образом, приемлемый с позиций устойчивости перевозочного процесса ГОТ диапазон значений $[EL_{Q_{сут}} - \sigma; EL_{Q_{сут}} + \sigma]$ определяется как $EL_{Q_{сут}i} = [-2,316; 5,098]$.

Большинство экспериментально установленных значений $EL_{Q_{сут}}$ для исследуемого набора данных находятся в диапазоне $[-2,316; 5,098]$. Это значит, что в целом перевозочный процесс ГОТ Тюмени в течение периода с 1.03.2020 по 28.02.2021 был достаточно устойчивым.

Число экспериментальных точек-выбросов вне диапазона допустимых устойчивых значений $EL_{Q_{сут}i} = [-2,316; 5,098]$ — относительно невелико (18 ед.), что составляет всего 4,9 % от общего числа. Получается, что только лишь в течение 1/20 от числа дней пассивного эксперимента транспортная система ГОТ в Тюмени испытывала серьезные сложности с процессами устойчивости обеспечения своего функционирования.

В табл. 2 приведены данные по этим точкам-выбросам и причины такого отклонения перевозочного процесса от устойчивого состояния.

Разберем несколько примеров для объяснения полученных результатов.

Так, 07.03.2020 перевозчики имели проблемы с выполнением рейсов (их число снизилось); объемы перевозок одновременно выросли. Значение $EL_{Q_{07.03.20}}$ становится отрицательным ($EL_{Q_{07.03.20}} = -3,6844$).

И наоборот, 28.03.2020 было принято и реализовано управленческое решение о снижении числа выполняемых рейсов (-10,1 %) в связи с антиковидными ограничениями и ожидаемым снижением спроса на услуги ГОТ. Однако параллельное фактическое снижение объемов перевозок (-68,8 %) было значительным, непропорционально большим. В этой связи значение $EL_{Q_{28.03.20}}$ становится положительным ($EL_{Q_{28.03.20}} = 5,6309$).

Даже визуально заметно (рис. 2), что большинство значений EL_{Qi} в годовом цикле приобретают положительные значения. Это значит, что преимущественно изменения ресурсной обеспеченности ΔZi и выполняемых объемов перевозок ΔQi были однонаправленными, т.е. действия менеджмента по балансированию провозных способностей как минимум соответствовали общему тренду на изменение спроса на услуги ГОТ. Это важное наблюдение, иллюстрирующее достаточно высокое качество работ по управлению системой ГОТ Тюмени в период шоковых изменений ее состояния.

Выводы

Полученные результаты исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Для любой системы важна способность сохранять некий баланс (равновесие) между ресурсными затратами и полезным результатом системных процессов. Эта способность идентифицируется как устойчивость процесса системного функционирования в условиях негативного проявления внешней среды.

2. Для системы ГОТ роль ресурсных затрат исполняют рейсы $Z_{сут}$; в качестве полезного результата рассма-

Даты, значение, причины отклонения EL_{Qi} от диапазона устойчивых значений

Дата	EL_{Qi}	$\Delta Zi, \%$	$\Delta Qi, \%$	Состояние системы ГОТ
07.03.2020	-3,6844	-6,0	+22,2	Объемы перевозок Qi увеличились при снижении числа рейсов Zi
14.03.2020	-4,6370	-6,0	+27,8	Объемы перевозок Qi увеличились при снижении числа рейсов Zi
28.03.2020	5,6309	-10,1	-68,8	Объемы перевозок Qi снизились в большей степени, чем число рейсов Zi
29.03.2020	6,8160	-10,6	-55,0	Объемы перевозок Qi снизились в большей степени, чем число рейсов Zi
30.03.2020	5,1695	-23,7	-63,2	Объемы перевозок Qi снизились в большей степени, чем число рейсов Zi
18.05.2020	5,2935	-8,9	-47,4	Объемы перевозок Qi снизились в большей степени, чем число рейсов Zi
19.05.2020	6,0544	-7,3	-44,2	Объемы перевозок Qi снизились в большей степени, чем число рейсов Zi
20.05.2020	6,5626	-5,0	-32,6	Объемы перевозок Qi снизились в большей степени, чем число рейсов Zi
21.05.2020	6,6060	-4,7	-30,8	Объемы перевозок Qi снизились в большей степени, чем число рейсов Zi
22.05.2020	14,9948	-1,8	-26,6	Объемы перевозок Qi снизились в большей степени, чем число рейсов Zi
25.05.2020	-32,4905	+0,8	-26,0	Объемы перевозок Qi снизились, притом что число рейсов Zi увеличилось
26.05.2020	-23,4530	+1,2	-27,4	Объемы перевозок Qi снизились, притом что число рейсов Zi увеличилось
27.05.2020	-15,2884	+1,4	-21,6	Объемы перевозок Qi снизились, притом что число рейсов Zi увеличилось
28.05.2020	-16,2932	+1,5	-24,1	Объемы перевозок Qi снизились, притом что число рейсов Zi увеличилось
29.05.2020	-14,2989	+1,5	-21,0	Объемы перевозок Qi снизились, притом что число рейсов Zi увеличилось
06.06.2020	5,2092	-7,3	-38,2	Объемы перевозок Qi снизились при снижении числа рейсов Zi
28.12.2020	5,3815	+6,2	+33,8	Объемы перевозок Qi увеличились при одновременном увеличении рейсов Zi
31.12.2020	-5,9829	+6,4	-37,4	Объемы перевозок Qi снизились при одновременном увеличении рейсов Zi

тривается суточный объем перевозок пассажиров $Q_{сут}$. Эти две характеристики состояния системы ГОТ должны находиться в балансе (равновесии) максимально долго, что и будет способствовать формированию устойчивого состояния системы ГОТ.

3. Важнейшей характеристикой устойчивости является индекс эластичности, введенный в обиход А. Маршаллом. Суть этой характеристики — оценка соответствия между оперативными изменениями предиктора (в нашем случае — $Z_{сут}$) и результирующей ($Q_{сут}$) исследуемого процесса.

4. Установлено, что для периода с 1.03.2020 по 28.02.2021 (365 дней) перевозочный процесс ГОТ Тюмени был достаточно устойчивым. Амплитуда большинства (около 95 %) значений индекса эластичности

объемов перевозок в отношении выполненного числа рейсов $EL_{Q_{сут}i}$ не превышала границы диапазона устойчивости $EL_{Q_{сут}i} = [-2,316; 5,098]$. Это наблюдение позволяет сделать вывод о достаточно высоком качестве управления системой транспортного обслуживания населения Тюмени в условиях шока, связанного со всеми негативными проявлениями антиковидного локдауна.

5. И все же 4,9 % значений $EL_{Q_{сут}i}$ находились вне диапазона допустимых устойчивых значений. Это означает, что перевозочный процесс ГОТ Тюмени в этот относительно недолгий период становился неустойчивым. Данные эксцессы были связаны прежде всего с отклонением ресурсного предложения от уровня фактического спроса на транспортные услуги. **ИТ**

Список литературы

1. Кнорринг В. И. Теория, практика и искусство управления. М. : НОРМА — ИНФРА-М, 2001. 528 с.
2. Гришаева Ю. М., Матанцева О. Ю., Спирин И. В., Савосина М. И., Ткачева З. Н., Васин Д. В. Устойчивое развитие транспорта в городах России: опыт и актуальные задачи // Юг России: экология, развитие. 2018. Т. 13. № 4. С. 24–46. DOI: 10.18470/1992-1098-2018-4-24-46.
3. Spirin I., Zavyalov D., Zavyalova N. Globalization and Development of Sustainable Public Transport Systems // 16th International Scientific Conference Globalization and Its Socio-Economic Consequences. University of Zilina (Slovakia). The Faculty of Operation and Economics of Transport and Communication, Department of Economics. Procedia, Part V. 5th — 6th October 2016. P. 2076–2084.
4. Petrov A. I., Petrova D. A. Sustainability of Transport System of Large Russian City in the Period of COVID-19: Methods and Results of Assessment // Sustainability. 2020. Vol. 12. P. 7644. DOI: 10.3390/su12187644.
5. Петров А. И., Ташланов Е. С. Сравнительный анализ развития и устойчивости инфраструктуры систем общественного транспорта в городах Российской Федерации // Автотранспортное предприятие. 2015. № 3. С. 13–19. ISSN 2076–3050.
6. Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Теория вероятностей и прикладная статистика. М. : Издательство ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 656 с.
7. Маршалл А. Принципы экономической науки. Т. 1. М. : Прогресс, 1993. 414 с.
8. Williams H. C. On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit // Environment and Planning. 1977. Vol. 9A. P. 285–344.
9. Савосина М. И. Основные научные категории логистики и методы оценки эффективности ее совершенствования // Транспорт: наука, техника, управление. 2014. № 6. С. 49–52. ISSN 0236–1914.
10. Артюхов В. В. Общая теория систем: Самоорганизация, устойчивость, разнообразие, кризисы. М. : ЛИБРОКОМ, 2009. 224 с.
11. Шорохова И. С., Кисляк Н. В., Мариев О. С. Статистические методы анализа. Екатеринбург : Издательство УрФУ, 2015. 300 с.
12. Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования. М. : Наука, 1972. 768 с.

References

1. Knorring V. I. Theory, practice and art of management. Moscow : NORMA — INFRA-M, 2001. 528 p.
2. Grishaeva Yu. M., Matantseva O. Yu., Spirin I. V., Savosina M. I., Tkacheva Z. N., Vasin D. V. Sustainable development of transport in Russian cities: experience and actual tasks // South of Russia: ecology, development. 2018. Vol. 13. No. 4. P. 24–46. DOI: 10.18470/1992-1098-2018-4-24-46.
3. Spirin I., Zavyalov D., Zavyalova N. Globalization and Development of Sustainable Public Transport Systems // 16th International Scientific Conference Globalization and Its Socio-Economic Consequences. University of Zilina (Slovakia). The Faculty of Operation and Economics of Transport and Communication, Department of Economics. Procedia, Part V. 5th–6th October 2016. P. 2076–2084.
4. Petrov A. I., Petrova D. A. Sustainability of Transport System of Large Russian City in the Period of COVID-19: Methods and Results of Assessment // Sustainability. 2020. Vol. 12. P. 7644. DOI: 10.3390/su12187644.
5. Petrov A. I., Tashlanov E. S. Comparative analysis of the development and sustainability of the infrastructure of public transport systems in the cities of the Russian Federation // Motor transport enterprise. 2015. No. 3. P. 13–19. ISSN 2076–3050.
6. Ayvazyan S. A., Mkhitaryan B. C. Probability theory and applied statistics. Moscow : UNITY-DANA Publishing House, 2001. 656 p.
7. Marshall A. Principles of Economic Science. Vol. 1. Moscow : Progress, 1993. 414 p.
8. Williams H. C. On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit // Environment and Planning. 1977. Vol. 9A. P. 285–344.
9. Savosina M. I. Basic scientific categories of logistics and methods of evaluating the effectiveness of its improvement // Transport: science, technology, management. 2014. No. 6. P. 49–52. ISSN 0236–1914.
10. Artyukhov V. V. General theory of systems : Self-organization, stability, diversity, crises. M. : LIBROCOM, 2009. 224 p.
11. Shorokhova I. S., Kislyak N. V., Mariev O. S. Statistical methods of analysis. Yekaterinburg : UrFU Publishing House, 2015. 300 p.
12. Besekersky V. A., Popov E. P. Theory of automatic control systems. Moscow : Nauka, 1972. 768 p.



**Алексей
Алексеевич
Цариков**
Aleksey A.
Tsarikov



**Виктор
Григорьевич
Бондаренко**
Viktor G.
Bondarenko



**Александр
Витальевич
Склянный**
Alexander V.
Sklyanny

Троллейбусы с возможностью автономного хода и их влияние на проектирование маршрутной сети городского пассажирского транспорта

Trolleybuses with the possibility of autonomous running and their impact on the design of the route network of urban passenger transport

Аннотация

В статье рассмотрены основные причины деградации троллейбусных систем в городах России в последние 30 лет. Приведены основные плюсы новых троллейбусов с возможностью автономного хода, предложены варианты развития сети городского электрического транспорта за счет использования подвижного состава подобного типа.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, городской общественный транспорт, транспортная сеть, троллейбусы с автономным ходом.

Abstract

The article discusses the main causes of degradation of trolleybus systems in Russian cities in the last 30 years. The main advantages of new trolleybuses with the possibility of autonomous running are given and the main options for the development of the urban electric transport network through the use of rolling stock of this type are proposed.

Keywords: carriage of passengers, urban passengers transport, transport network, trolleybuses with autonomous running.

Авторы Authors

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 | **Александр Витальевич Склянный**, магистрант Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ), Екатеринбург; e-mail: caami@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), Yekaterinburg 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), Yekaterinburg, e-mail: viktorbondarenko73@mail.ru | **Alexander V. Sklyanny**, Student in Master's Program, Ural state forestry university (USFU), Yekaterinburg, e-mail: caami@mail.ru

На современном этапе развития крупных и крупнейших городов России проблемы экологии достигли таких масштабов, что на них начали обращать внимание не только жители городов и их руководители. В 2019 г. Правительство Российской Федерации утвердило федеральный проект «Чистый воздух», целью которого является кардинальное снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах, в том числе снижение выбросов опасных загрязняющих веществ, оказывающих наибольшее негативное воздействие на окружающую среду [1].

Как показали исследования, проведенные в крупнейших городах России, 93,5 % всех загрязнений воздушной среды в Москве и 85,7 % в Санкт-Петербурге обусловлены выбросами выхлопных газов автотранспорта [2, 3].

На территории Свердловской области проблемы экологии особенно остро ощутимы в двух наиболее крупных городах. Это столица региона — город Екатеринбург и центр промышленного производства — город Нижний Тагил. Если в Нижнем Тагиле достаточно большой объем вредных выбросов приходится на промышленные предприятия, то в Екатеринбурге с его постиндустриальной экономикой основная доля выбросов приходится на автомобильный транспорт.

Для снижения общего объема вредных выбросов в атмосферу необходим комплекс специальных мероприятий, в число которых входит развитие городского электрического транспорта. Увеличение общего объема перевозок городским электротранспортом (метрополитен, трамвай, троллейбус, электробус) позволит значительно повысить качество воздушного бассейна крупных и крупнейших городов России.

Однако за последние 30 лет в городах России произошли значительные изменения в сфере перевозок городским пассажирским транспортом. Это отрицательным образом сказалось на работе электрического транспорта. Трамвайные и троллейбусные системы постепенно деградировали и полностью исчезали.

Особенно сложная ситуация с функционированием транспорта наблюдается в сфере троллейбусных перевозок. Как показывает анализ, проведенный отечественными специалистами, за последние 30 лет в Российской Федерации было закрыто 8 троллейбусных систем из 91 действующей на тот момент. При этом во многих городах, где троллейбусное движение еще функционирует, наблюдаются негативные тенденции по его сокращению [4].

Аналогичные тенденции с деградацией и закрытием троллейбусных систем можно было наблюдать в 60-е годы XX столетия в городах развитых стран мира. По прошествии 50-летнего периода многие зарубежные специалисты признали решение о закрытии троллейбуса недальновидным и ошибочным.

Рассмотрим основные причины, по которым троллейбусные системы России деградировали за послед-

ние 30 лет, на примере города Екатеринбурга. Как видно из рис. 1, с момента открытия троллейбусного движения в Екатеринбурге в 1943 г. протяженность сети росла с разной интенсивностью в разные годы. Особенно быстро троллейбусная сеть росла до конца 1970-х годов — до момента, пока в городе не началось строительство метрополитена. К этому моменту протяженность троллейбусной сети достигла 72 % от протяженности современной системы. В 1980-е годы объемы строительства троллейбусной сети значительно снизились и составили всего 5,1 км за 10 лет.

В 1990-е годы темпы устройства контактной сети значительно выросли, и троллейбусные маршруты были организованы на пяти новых участках. Последней троллейбусной линией, построенной в Екатеринбурге в 2007 г., считается участок по улицам Шевченко, Никонина и Советской, который ввели одновременно с путепроводом через железную дорогу.

Необходимо отметить, что в Екатеринбурге за всю историю существования троллейбусного движения ни один из участков сети не был демонтирован, чего нельзя сказать о других городах России.

Как видно из рис. 1, троллейбусная сеть Екатеринбурга охватывает незначительную часть города, что снижает возможности ее использования. Если в 1970-е годы троллейбус связывал центр города со всеми наиболее развитыми районами, то на современном этапе ему не хватает значительного числа линий. Иными словами, площадь освоенной территории города за последние 40 лет увеличилась значительно, а троллейбусная сеть осталась практически в тех же параметрах.

Ретроспективный анализ маршрутной сети Екатеринбурга показал, что с 1977 г. средняя протяженность троллейбусных маршрутов только снижалась (табл. 1). Троллейбусное движение в Екатеринбурге достигло своего пика к 1999 г., когда в городе эксплуатировалось 18 маршрутов общей протяженностью 382,5 км. При этом средняя протяженность маршрутов, начиная с 1977 г., постепенно снижалась — с 22,9 до 20,7 км (табл. 1).

Автобусная маршрутная сеть, напротив, значительно выросла: с 1977 г. общая протяженность автобусных маршрутов увеличилась с 390 до 1825 км, т.е. почти в 5 раз (табл. 1). Одновременно с этим увеличилось количество автобусных маршрутов (с 40 в 1977 г. до 69 в 2022 г.) и средняя протяженность автобусных маршрутов. Если в 1977 г. средняя протяженность маршрутов составляла 9,8 км (в 2 раза меньше, чем у троллейбусов), то в 2022 г. этот показатель достиг значения 40,2 км.

Детальное исследование протяженности маршрутов показало, что за 45 лет в 3 раза увеличилась доля троллейбусных маршрутов протяженностью менее 10 км (рис. 2). Короткие маршруты можно считать подвозящими — для поездок к станциям метро. Маршруты протяженностью более 40 км на 2022 г. составляют всего 7 % от общего числа троллейбусных маршрутов.

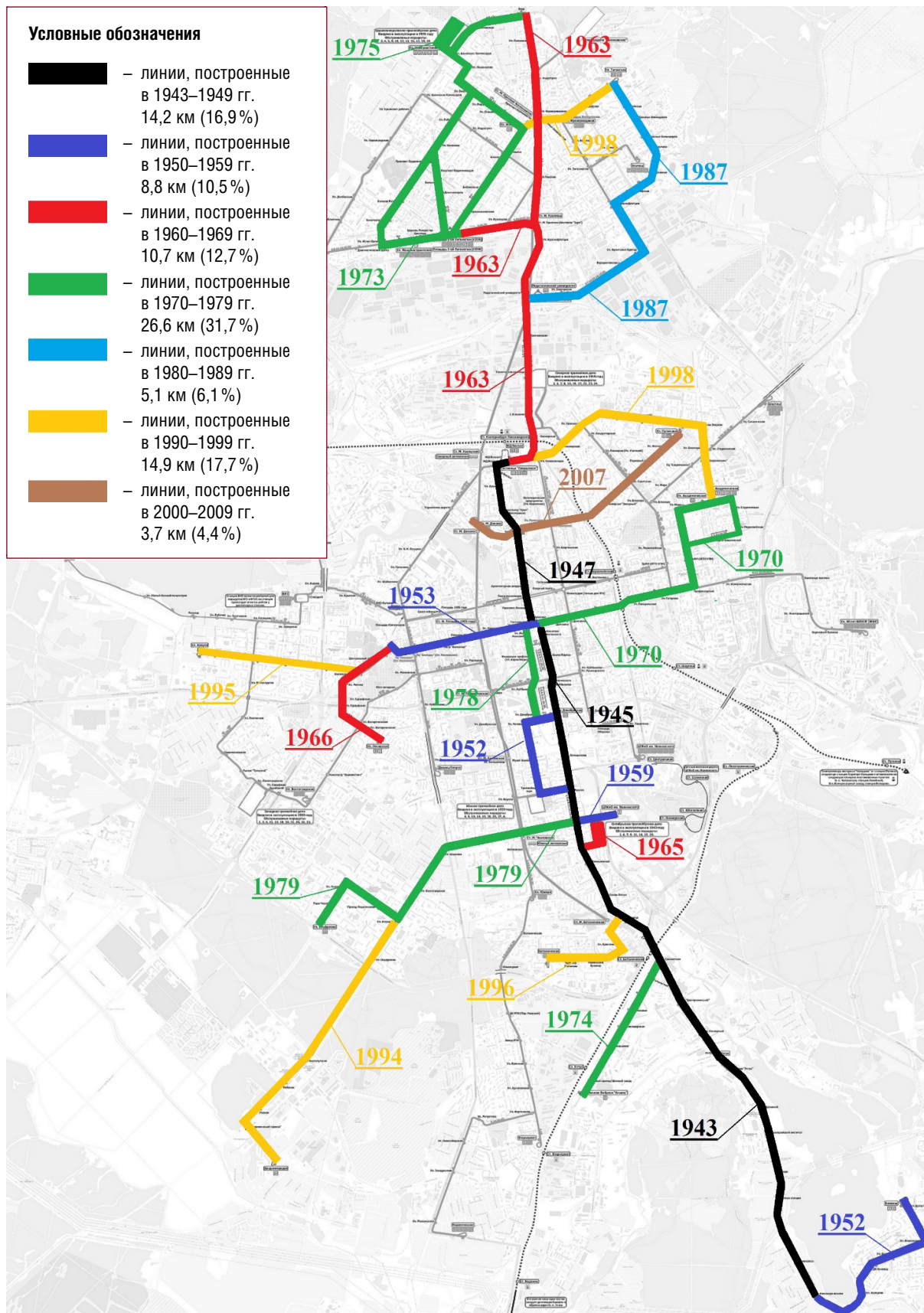


Рис. 1. Схема развития троллейбусной сети Екатеринбурга в разные периоды времени

А. А. Цариков, В. Г. Бондаренко, А. В. Склянный | Троллейбусы с возможностью автономного хода и их влияние на проектирование маршрутной сети...

Основные характеристики троллейбусных и автобусных маршрутов Екатеринбурга в 1977, 1999 и 2022 гг.

Показатель	1977 год	1999 год	2022 год
Количество троллейбусных маршрутов, ед.	9	18	17
Средняя протяженность троллейбусных маршрутов, км	22,9	21,2	20,7
Общая протяженность троллейбусных маршрутов, км	205,6	382,5	352,3
Количество автобусных маршрутов, ед.	40	44	69
Средняя протяженность автобусных маршрутов, км	9,8	23,3	40,2
Общая протяженность автобусных маршрутов, км	390,6	1025,8	1825,3

Автобусные маршруты в 1977 г. в большей мере использовались для подвоза к точкам пересадки на троллейбус и трамвай. В данный период времени 62 % автобусных маршрутов имели протяженность менее 10 км в двух направлениях (рис. 3). Однако протяженность автобусных маршрутов постепенно росла, в результате в 2022 г. наибольшая доля маршрутов имеет протяженность от 40 до 50 км. При этом коротких маршрутов протяженностью менее 20 км практически не осталось.

Данные, представленные в табл. 1, а также на рис. 2 и 3, свидетельствуют, что развитие автобусных маршрутов одновременно с заморозкой строительства контактной сети привело к значительному оттоку пассажиров. В современных условиях поездка пассажира в общественном транспорте оплачивается отдельно на каждом маршруте или подвижном составе. Пассажирам, осуществляющим поездки на дальние расстояния, экономически более выгодно использовать автобусы, чем троллейбусы, поскольку последние требуют пересадки и дополнительной оплаты проезда.

Особенно тяжелую конкуренцию троллейбусному движению во всех городах России составил частный автобусный транспорт. Именно частные перевозчики, имеющие более гибкие и комфортные условия работы, переманили большую долю пассажиров троллейбуса.

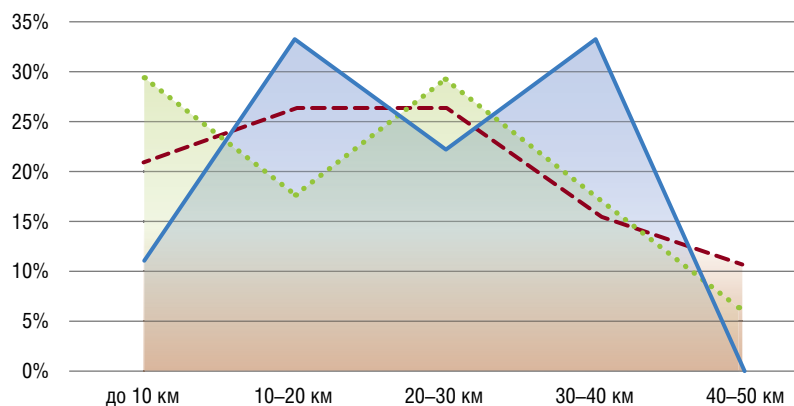


Рис. 2. Распределение протяженности троллейбусных маршрутов в Екатеринбурге в 1977, 1999 и 2022 гг.:

— 1977 год; — 1999 год; 2022 год;

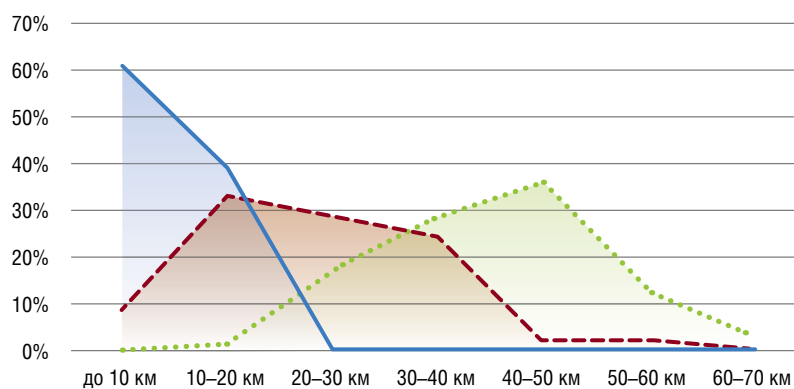


Рис. 3. Распределение протяженности автобусных маршрутов в Екатеринбурге в 1977, 1999 и 2022 гг.:

— 1977 год; — 1999 год; 2022 год;

Одновременно с развитием автобусной сети в Екатеринбурге, как в любом другом городе России, произошел автомобильный бум, в результате которого уровень автомо-

билизации вырос в десятки раз. Всеобщая автомобилизация населения привела к оттоку наиболее платежеспособных пассажиров, что еще больше усугубило проблемы трол-

лейбусного движения. На многих улицах крупных и крупнейших городов пассажиропоток троллейбусов упал до таких значений, при которых его эксплуатация стала экономически неэффективной.

В табл. 2 представлены данные о значениях пассажиропотоков, при которых экономически целесообразна эксплуатация автобуса и троллейбуса. Как видно из таблицы, минимальные значения, при которых экономически оправдана эксплуатация троллейбуса, у разных авторов отличаются.

Таблица 2

Значения пассажиропотоков, при которых экономически целесообразно использование троллейбуса и автобуса

Исследование	Автобус	Троллейбус
Писарев С. Г. [5]	200–4000 пасс/час	300–4000 пасс/час
Ефремов И. С. и др. [6]	600–8000 пасс/час	2000–8500 пасс/час
Троллейбусный транспорт в России. Состояние и перспективы рынка [7]	от 100 пасс/час	от 350 пасс/час

В источниках [5] и [7] указаны значения 300 пассажиров в час в одном направлении. В источнике [6] для организации троллейбусного движения требуется значение в 2000 и более пассажиров в час в одном направлении. Однако, как показывает опыт Екатеринбурга, пассажиропоток в размере 300–350 пассажиров в час в одном направлении является недостаточным для экономической работы троллейбусной системы.

Пессимистические прогнозы в части развития троллейбусных систем были развеяны с появлением первых троллейбусов с возможностью автономного хода. Установка аккумуляторов в значительной мере изменила возможности троллейбусов и исключила часть отрицательных качеств при сравнении с автобусом.

Согласно аналитическому отчету [7], в России на данный момент эксплуатируется 419 троллейбусов с возможностью автономного хода на 33 различных маршрутах в 16 городах. Опыт эксплуатации таких троллейбусов показал, что в большинстве случаев для движения на аккумуляторных батареях используются участки протяженностью не более 10 км. Это связано с необходимостью иметь запас заряда аккумуляторов для внештатных случаев.

В Екатеринбурге на основе опыта других городов России было принято решение о закупке большой партии троллейбусов с возможностью автономного хода.

Появление троллейбусов подобного типа позволяет в значительной мере изменить маршрутную сеть города.

Продление троллейбусных маршрутов необходимо в первую очередь в район Академический. Как видно из рис. 5, для этого подходит маршрут № 11 (31), который можно продлить по улице Вильгельма де Геннина, а также маршрут № 20, который предлагается проложить по улице Амундсена и на автономном ходу по улице Сахарова.

Кроме Академического района, на первом этапе развития троллейбусного движения с автономным ходом предлагается продлить маршруты до северного Химмаша, Елизавета, Кировского оптового рынка, до улицы Вилонова. Более детально новая схема троллейбусных маршрутов представлена на рис. 5.

Новая схема позволит увеличить протяженность троллейбусных маршрутов, тем самым городской электрический транспорт будет более конкурентоспособным при сравнении с автобусом. При этом развитие городского электрического транспорта не должно ограничиваться продлением маршрутной сети троллейбуса за счет автономного хода.

Принятая в 2021 г. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 г. требует коренного пересмотра работы городского пассажирского транспорта в целом. Так, в соответствии с Транспортной стратегией, к 2035 г. планируется снижение «углеродного следа» от эксплуатации общественного транспорта в крупных и крупнейших агломерациях на 70 %. При этом доля электротранспорта в закупках подвижного состава для транспорта общего пользования может достигнуть 80 % к 2035 г. [8].

Это означает, что крупные и крупнейшие города России в течение 10 лет должны в значительной мере увеличить протяженность сети городского электротранспорта. Учитывая, что для строительства трамвайных линий необходимы высокие значения пассажиропотоков, можно предположить, что основное развитие в городах России должен получить троллейбус с возможностью автономного хода. Городам России придется в течение короткого периода в значительной мере увеличить маршрутную троллейбусную сеть. В связи с этим авторы статьи предложили несколько возможных вариантов увеличения протяженности троллейбусных маршрутов за счет использования автономного хода (рис. 6).

Первый вариант развития троллейбусной сети предполагает увеличение маршрутов за счет автономного хода (рис. 6, А). В данном варианте предлагается использовать автономный ход на участке протяженностью 5–7 км. Такая протяженность движения троллейбуса на автономном ходу является наиболее оптимальной в современных условиях. Для эксплуатации необходим подвижной состав с возможностью движения на автономном ходу на расстояние 20 км. Увеличение протяженности автономного хода потребует, с одной стороны, повышения емкости аккумуляторных батарей, с другой — увеличения полной массы троллейбуса.

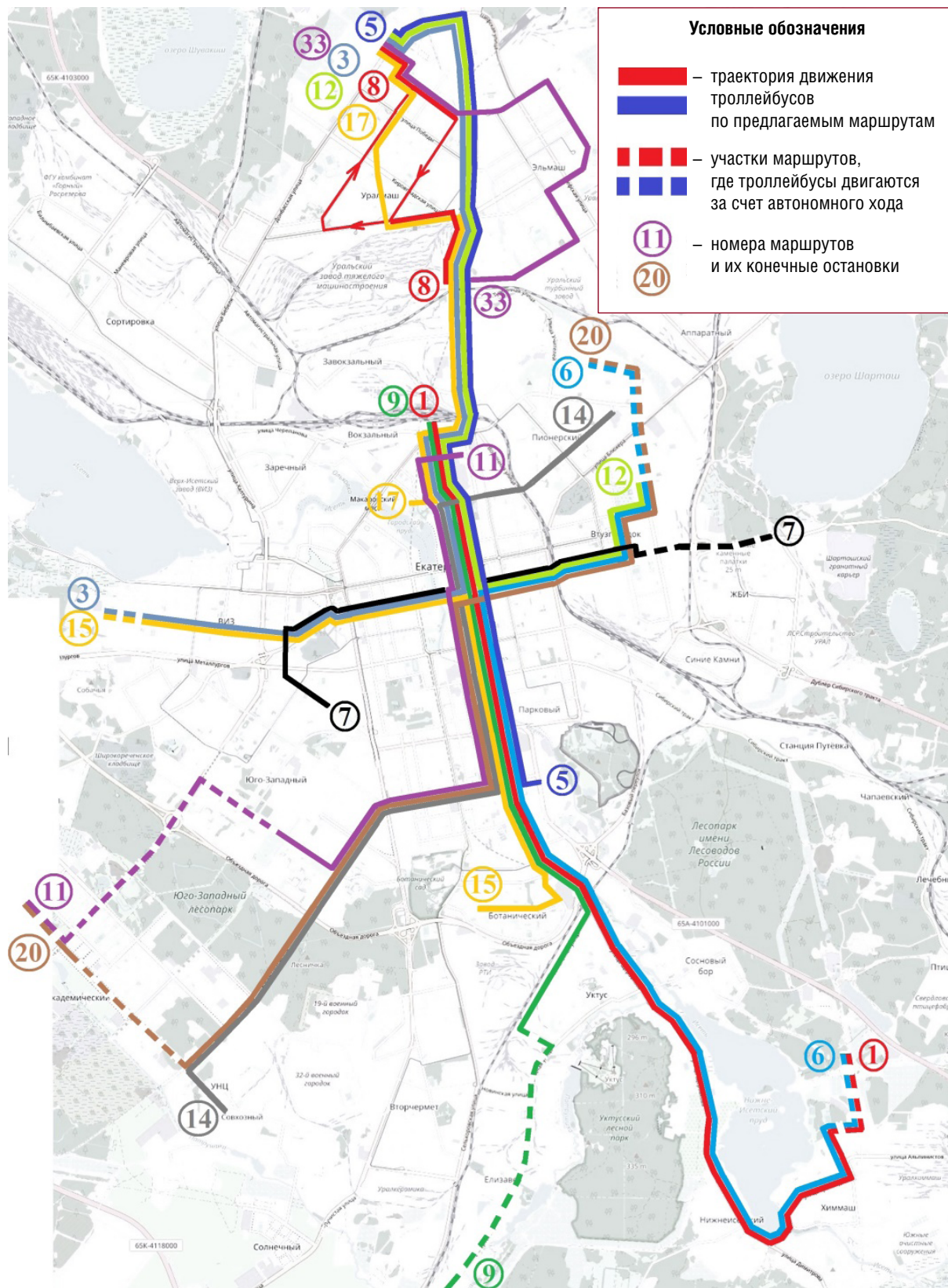


Рис. 5. Схема троллейбусных маршрутов с учетом подвижного состава с автономным ходом

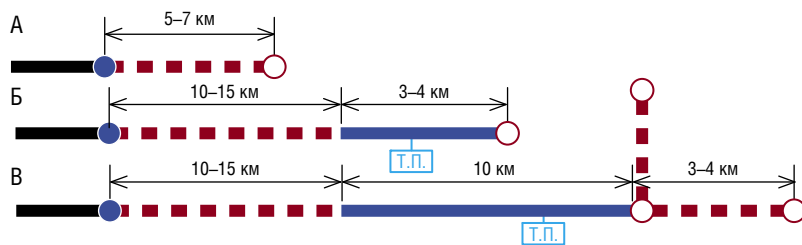


Рис. 6. Возможные варианты развития троллейбусной сети за счет использования подвижного состава с возможностью автономного хода:

- существующая троллейбусная сеть города;
- участки движения троллейбуса за счет аккумуляторных батарей;
- автономная контактная сеть троллейбуса;
- Т.П. — тяговая электроподстанция;
- — старая конечная остановка троллейбуса;
- — новая конечная остановка для троллейбуса с автономным ходом

Второй вариант развития сети предполагает строительство контактной сети троллейбуса и электроподстанций с разрывом в 10–15 км (рис. 6, Б). Протяженность подобной изолированной контактной сети должна составлять минимум 3–4 км. В данном варианте предполагается, что троллейбус на старой конечной остановке должен отсоединиться от проводов и продолжить движение в режиме автономного хода на участке 10–15 км. Затем необходимо подключиться к электросети на автономной линии и двигаться по маршруту с одновременной подзарядкой аккумуляторов. Во время движения троллейбуса по линии и стоянки на конечной его аккумуляторы зарядятся, чтобы успешно преодолеть участок разрыва сети при движении в обратном направлении.

Третий вариант развития троллейбусной сети предполагает использование достаточно протяженного участка изолированной контактной сети (рис. 6, В). В этом варианте подвижной состав дважды преодолевает автономные участки по мере движения по маршруту. Как видно из рисунка, троллейбус должен отсоединиться от сети электропитания и продолжить движение на автономном ходу. Первый участок автономного хода имеет протяженность не более 10–15 км. В дальнейшем по пути следования троллейбуса устраивается изолированный участок контактной сети протяженностью не менее 10 км. По мере движения по данному участку маршрута троллейбус должен зарядить свои аккумуляторные батареи, чтобы иметь возможность двигаться за счет автономно-

го хода дальше. Последний участок автономного хода должен составлять не более 3–4 км.

Вариант развития троллейбусной сети, представленный на рис. 6, В, необходим для периферийных маршрутов большой протяженности. Такие маршруты организуются крайне редко и должны связывать центр города с периферийными районами. Фактически на таком маршруте движение троллейбуса за счет аккумуляторов может составлять 30–40 % времени. Это значительно увеличивает число циклов зарядки аккумуляторов и снижает общий срок их службы.

Выводы

Для массового развития троллейбусного движения в крупных и крупнейших городах России необходима поддержка федерального правительства. Появление федеральных программ и национальных проектов позволит не только обновлять парк троллейбусных предприятий, но и проводить работы по реконструкции инфраструктуры (депо, контактная сеть, подстанции и прочее).

В свою очередь, администрации городов также должны нести определенную ответственность в части работы горэлектротранспорта: выполнять целевые показатели, поставленные федеральным правительством, устранять проблемы организации движения. **ИТ**

Список литературы

1. Направления работы Минприроды России. Федеральный проект «Чистый воздух» // Официальный сайт Минприроды России. URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy_proekt_ekologiya/federalnyy_proekt_chisty_vozdukh.
2. О состоянии атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге в 2016 году // Официальный сайт ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». URL: <http://www.meteo.nw.ru/articles/index.php?id=915>.
3. Барина Л. Д., Забалканская Л. Э. Негативные последствия транспортной деятельности в мегаполисе // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных

References

1. Directions of work of the Ministry of Natural Resources of Russia. Federal project «Clean Air» // Official website of the Ministry of Natural Resources of Russia. URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy_proekt_ekologiya/federalnyy_proekt_chisty_vozdukh.
2. On the state of atmospheric air in St. Petersburg in 2016 // Official website of the Federal State Budgetary Institution «North-Western Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring». URL: <http://www.meteo.nw.ru/articles/index.php?id=915>.
3. Barinova L. D., Zabalkanskaya L. E. Negative consequences of transport activity in the megalopolis // Actual prob-

наук. 2017. № 5–1. С. 32–35. ISSN 2073–0071. EDN: YKOIBR.

4. Цариков А. А., Бачина А. В., Пятанов М. С. Негативные тенденции в развитии троллейбусных систем России // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XXIV Международной (XXVII Екатеринбургской, II Минской) научно-практической конференции. Минск : БНТУ, 2018. С. 190–197. EDN: YZDNYT.
5. Писарев С. Г. Городской транспорт. М., 1948. 503 с.
6. Ефремов И. С., Кобозев В. М., Юдин В. А. Теория городских пассажирских перевозок : учебное пособие для вузов. М. : Высшая школа, 1980. 535 с.
7. Аналитический отчет «Троллейбусный транспорт в России. Состояние и перспективы рынка». М., 2022. 122 с. URL: <https://strategy.ru/research/research/21>.
8. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р // Сайт Федерального дорожного агентства. URL: <https://rosavtodor.gov.ru/docs/transportnaya-strategiya-rf-na-period-do-2030-goda-s-prognozom-na-period-do-2035-goda>.

lems of humanities and natural sciences. 2017. No. 5–1. P. 32–35. ISSN 2073–0071. EDN: YKOIBR.

4. Tsarikov A. A., Bachinina A. V., Pyatanov M. S. Negative trends in the development of trolleybus systems in Russia // 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: BNTU, 2018. P. 190–197. EDN: YZDNYT.
5. Pisarev S. G. City transport. Moscow, 1948. 503 p.
6. Efremov I. S., Kobozev V. M., Yudin V. A. Theory of urban passenger transportation: a textbook for universities. Moscow: Higher School, 1980. 535 p.
7. Analytical report «Trolleybus transport in Russia. The state and prospects of the market». M., 2022. 122 p. URL: <https://strategy.ru/research/research/21>.
8. Transport strategy of the Russian Federation for the period up to 2030 with a forecast for the period up to 2035: approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated November 27, 2021 No. 3363-R // Website of the Federal Road Agency. URL: <https://rosavtodor.gov.ru/docs/transportnaya-strategiya-rf-na-period-do-2030-goda-s-prognozom-na-period-do-2035-goda>.



Михаил Александрович
Пащенко

Mikhail A. Paschenko



Елена Александровна
Русакова

Elena A. Rusakova

О роли ОАО «РЖД» в развитии квантовых коммуникаций РФ

About the role of JSC “Russian Railways” in the development of quantum communications of the Russian Federation

Аннотация

Проблема защиты передаваемой информации от несанкционированного доступа появилась вместе с первыми телефонными линиями связи, но особенно остро она встала с развитием современных электронных средств коммуникации и всеобщей цифровизацией. Одним из путей обеспечения защищенной передачи данных является использование технологии квантовых коммуникаций. В работе рассмотрены этапы развития квантовых коммуникаций и проанализирована роль ОАО «РЖД» в этом процессе.

Ключевые слова: телекоммуникации, волоконно-оптические линии связи, защищенная передача данных, квантовые коммуникации, ОАО «Российские железные дороги».

Abstract

The problem of protecting the transmitted information from an unauthorized access appeared together with the first telephone communication lines, but it became especially urgent with the development of modern electronic means of communication and universal digitalization. One of the ways to ensure secure data transmission is the use of quantum communications technology. The paper considers the stages of development of quantum communications and analyzes the role of JSC “Russian Railways” in this process.

Keywords: telecommunications, fiber-optic communication lines, secure data transmission, quantum communications, JSC “Russian Railways”.

Авторы Authors

Михаил Александрович Пащенко, доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: map@usurt.ru | Елена Александровна Русакова, доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: ERoussakova@usurt.ru

Mikhail A. Paschenko, Associate Professor of “Railway Automation, Telemechanics and Communication” Department of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: map@usurt.ru | Elena A. Rusakova, Associate Professor of the Department “Railway Automation, Telemechanics and Communication” of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: ERoussakova@usurt.ru

Роль информационной безопасности в современном мире трудно переоценить. Она является основой для обеспечения интересов государства, общества и человека. Игнорирование задачи защиты данных, передаваемых по каналам связи, увеличивает риск совершения противоправных действий, которые могут привести к серьезным материальным потерям, нарушениям работы предприятий и организаций и даже к человеческим жертвам. Эта проблема становится еще более острой в условиях внедрения технологии «Интернет вещей» (IoT).

Одним из инструментов обеспечения информационной безопасности является шифрование данных. Стойкость современных криптосистем базируется на секретности ключа. При этом в классических системах шифрования данных возможность и скорость расшифровки ключа зависит от вычислительных мощностей, которыми обладает злоумышленник. Однако вычислительные мощности растут большими темпами, и, следовательно, любые криптосистемы становятся все более уязвимыми. В 1994 г. американский ученый Питер Шор разработал квантовый алгоритм факторизации, способный осуществить взлом криптографических систем с помощью квантовых компьютеров. Элементарная модель такого компьютера была предложена еще в 1981 г. американским физиком Р. Фейнманом. В настоящее время экономически развитые страны активно развивают квантовые технологии, вкладывая в них огромные средства. Создаются специальные программы поддержки квантовых технологий, лаборатории и исследовательские центры. Первый двухкубитный квантовый компьютер был создан в 1998 г., а в 2022 г. в Исследовательском центре Юлиха в Германии был запущен первый в Европе квантовый суперкомпьютер с более чем 5000 кубитов [1]. Пока существующие квантовые компьютеры не обладают достаточной вычислительной мощностью, но уже в обозримом будущем они смогут с легкостью взламывать любые современные криптографические алгоритмы. Одним из путей решения данной проблемы является обеспечение передачи секретных ключей путем, гарантирующим отсутствие перехвата и расшифровки посредством квантовых коммуникаций.

Квантовая коммуникация — это область знаний о передаче квантовых состояний между удаленными объектами. В этом случае информация передается с помощью одиночных фотонов путем изменения их поляризации или фазы. Одному варианту поляризации приписывается значение «1», противоположному — «0». В квантовой механике существует фундаментальный принцип редукции квантового состояния, который заключается в том, что любое измерение будет изменять состояние системы, и это делает невозможным подслушивание информации без внесения дополнительного шума. На этом принципе основано квантовое распределение секретного ключа между двумя абонентами. Попытка третьей сто-

роны измерить передаваемые по каналу связи квантовые состояния приводит к их изменению и возникновению аномалий в канале связи. Если количество аномалий выше определенного порога, то секретный ключ не будет создан и связь прекратится. Таким образом, секретность ключей гарантируется фундаментальными законами квантовой механики, а не сложностью математических алгоритмов шифрования данных.

Наиболее удобным и надежным способом для квантовых коммуникаций является передача состояний фотонов по оптоволокну или открытому пространству.

Железнодорожный транспорт и квантовые коммуникации

Железнодорожный транспорт является стратегической отраслью, обеспечивающей развитие экономики РФ и ее обороноспособности, поэтому обеспечение максимальной защиты передаваемых данных по сетям ОАО «РЖД» является вопросом государственной безопасности. Применение квантовых коммуникаций на сети железных дорог позволит создавать защищенные системы сбора данных о состоянии инфраструктуры и системы передачи управляющих сигналов, снизить информационные риски экономического и других видов ущерба, обеспечить высокий уровень безопасности всех видов перевозок, а также уменьшить риск преступлений и актов терроризма, совершаемых с использованием уязвимостей информационных технологий. Кроме того, ОАО «РЖД», являясь высокотехнологичной компанией, обладает одной из самых протяженных в стране волоконно-оптических сетей связи (более 80 тыс. км). Структура существующих волоконно-оптических сетей ОАО «РЖД» позволяет организовать так называемые доверенные узлы через каждые 100 км, что необходимо для функционирования квантовой сети. Именно поэтому 10 июля 2019 г. компания подписала Соглашение о намерениях между Правительством Российской Федерации и ОАО «РЖД» № 88 по развитию высокотехнологичного направления «Квантовые коммуникации» до 2024 г. включительно, после чего компания была определена ответственной за развитие этого направления. Целью данного соглашения является ускорение технологического развития и достижения Россией позиции одного из лидеров на глобальных технологических рынках в сфере квантовых коммуникаций. Основным механизмом реализации соглашения является дорожная карта развития технологической области квантовых коммуникаций. Для ее выполнения на условиях взаимовыгодного сотрудничества необходимо привлечь производственные, научные, образовательные и иные организации, а также субъекты малого и среднего предпринимательства.

Для курирования вопросов реализации дорожной карты развития технологической области квантовых коммуникаций 14 августа 2019 г. в ОАО «РЖД» был создан департамент квантовых коммуникаций. Департамент должен обеспечить взаимодействие с научным сообществом и технологическими компаниями в части внедрения квантовых технологий передачи и защиты данных, способствующих повышению эффективности бизнес-процессов РЖД и использования инфраструктуры, а также укреплению безопасности функционирования железнодорожного транспорта [2, 3].

Для обеспечения взаимодействия всех участников рынка квантовых коммуникаций был создан реестр экосистемы высокотехнологичной области «Квантовые коммуникации». На сегодняшний день в него вошло 89 участников, в числе которых государственные структуры, крупные корпорации, технопарки, образовательные и аналитические центры, центры компетенций, научные и образовательные организации, микропредприятия, малые и средние предприятия, стартапы и пр.

13 января 2020 г. компания «Российские железные дороги» (РЖД) сообщила о том, что она затратит 24,7 млрд руб. на развитие в России квантовых коммуникаций. В рамках этого компания планирует построить сеть, нацеленную на максимально защищенную передачу данных. В 24,7 млрд руб., как указано в проекте дорожной карты РЖД, направленной на рассмотрение в Минкомсвязи России, входят средства самой РЖД в размере 5,3 млрд руб. Еще 6,5 млрд руб. составят внебюджетные инвестиции, а оставшиеся 12,9 млрд руб. — это бюджетные деньги [4].

21 мая 2020 г. ОАО «РЖД» сообщило о разработке дорожной карты развития квантовых коммуникаций. Соответствующий документ государственная монополия направила на утверждение в Правительство РФ. Основной целью дорожной карты является выход России на лидирующие глобальные позиции в технологиях, продуктах и сервисах в области квантовых коммуникаций. Согласно проекту «дорожной карты» РЖД, часть средств будет потрачена на квантовую сеть для 1000 абонентов, которая будет построена к 2024 г. В дальнейшем эта сеть будет предоставляться в аренду компаниям, нуждающимся в защищенной передаче данных, госорганам и финансовым организациям.

По плану компании, российский рынок квантовых коммуникаций начнет формироваться в 2020 г., и к 2024 г. он должен вырасти как минимум до 55 млрд руб. К этому моменту он должен занять 8 % мирового рынка квантовых сетей. Сама квантовая сеть будет базироваться на магистральных оптоволоконных каналах РЖД, и к 2024 г. ее суммарная протяженность должна составить 10 тыс. км.

4 сентября 2020 г. Правительственная комиссия по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и ус-

ловий ведения предпринимательской деятельности утвердила дорожную карту РЖД по развитию квантовых коммуникаций [5]. Дорожная карта включает в себя разработку до 2024 г. девяти приоритетных технологий и пятнадцати продуктов, а также более 35 целевых показателей эффективности, среди которых: объемы производства и продаж продукции, протяженность квантовых сетей, уровень готовности технологий, обеспеченность кадрами и другие параметры.

До 2024 г., согласно дорожной карте, должно быть реализовано более 120 мероприятий и проектов, направленных на развитие технологий оптоволоконных, атмосферных и спутниковых квантовых коммуникаций, создание коммерческих квантовых сетей связи и соответствующего специального оборудования, разработку абонентских устройств, развитие квантового интернета вещей, а также мероприятий по формированию рынка и экосистемы отечественного образования, науки и промышленности.

Среди мероприятий дорожной карты — создание специальных фондов поддержки новых проектов и внедрения готовых технологий, сертификационных центров и лабораторий, подготовка предложений по изменению нормативной базы, подготовка высококвалифицированных кадров. Планируется разработка образовательных программ, в том числе систем онлайн-образования в области квантовых коммуникаций, а также привлечение лучших отечественных и зарубежных специалистов.

Результаты реализации дорожной карты к 2030 г. [6]:

1. Протяженность квантовых сетей связи должна составить 15 тыс. км.
2. Скорость генерации квантового ключа достигнет 10 тыс. кбит/с на 25 км.
3. Предельная дальность вне лаборатории (один пролет в условиях тестового полигона) составит 300 км.
4. Количество портов в сетях точка-многоточка составит 64.
5. Совокупная доля российских компаний на мировом рынке в области квантовых коммуникаций должна достичь 8 %.
6. Интегральный показатель, отражающий уровень развития технологий (УГТ) квантовых коммуникаций в России, должен увеличиться с 5 (2019 г.) до 8,7 (2030 г.).
7. Объем инвестиций в основной капитал российских компаний, производящих продукты и сервисы на базе технологий квантовых коммуникаций, составит 8,2 млрд руб.
8. Объем затрат на исследования и разработки российских организаций, разрабатывающих или производящих продукты и сервисы на базе технологий квантовых коммуникаций, составит 10,6 млрд руб.
9. Будет подготовлено 360 человек по программе магистратуры по направлению квантовых коммуникаций.
10. Доля патентов по соответствующим отраслевым рубрикам должна составить не менее 2 %.

11. Будет организована поддержка 30 отраслевых проектов с использованием квантовых коммуникаций.

Должно быть реализовано 20 проектов по созданию сервисов в ключевых отраслях экономики, критичных к особенностям квантовых сетей связи и создано три полигона на базе отечественных технологий квантовых коммуникаций для тестирования отраслевых сервисов [6].

В рамках выполнения мероприятий дорожной карты 30 сентября 2020 г. заключен договор на выполнение работ по плану научно-технического развития (НИОКР) по теме «Создание пилотного участка магистральной квантовой сети (ПУ МКС)». Заказчиком выступили Дирекция по строительству сетей связи ОАО «РЖД» и Департамент квантовых коммуникаций ОАО «РЖД». Исполнитель — федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» (Университет ИТМО). Целью работы является разработка методов построения масштабируемых сетей квантовых коммуникаций посредством разработки и создания аппаратной части пилотного участка магистральной квантовой сети на волоконно-оптической инфраструктуре ОАО «РЖД».

Пилотный участок должен обеспечить сетевую связность географически распределенных центров оказания услуг распределения секретных ключей, защищенных с применением технологий квантовой коммуникации, между точками оказания услуг потребителям (клиентам), как одиночным, так и группам потребителей (клиентов). Согласно техническому заданию, пилотный участок должен быть реализован между Санкт-Петербургом и Москвой в две очереди в 2021 г. с использованием собственного волоконно-оптического кабеля ОАО «РЖД» и/или арендованных каналов связи. Реализация такого проекта позволит внедрить критически важные сервисы нового поколения. Ввод в постоянную эксплуатацию системы планировался с 2022 г.

Первый сеанс видео-конференц-связи по магистральному квантовому защищенному каналу между Москвой и Санкт-Петербургом состоялся 8 июня 2021 г. Протяженность квантового канала составила более 700 км. Это самая крупная в Европе и вторая по величине в мире квантовая сеть, построенная на базе отечественных решений. В ходе сеанса были продемонстрированы оборудование квантовой связи российского производства и работа системы мониторинга квантовой сети. Результатом конференции стало соглашение о сотрудничестве между Санкт-Петербургом и ОАО «РЖД» в области квантовых коммуникаций [7].

3 июня 2021 г. ОАО «РЖД» и ПАО «Ростелеком» заключили соглашение о сотрудничестве в развитии квантовых коммуникаций [8]. Сотрудничество нацелено на продвижение отечественных технологий и решений в высокотехнологичных областях «Квантовые коммуникации»

и «Мобильные сети пятого поколения». Совместные усилия компаний стимулируют развитие российского рынка квантовых коммуникаций и внедрение этих технологий в сферы государственных, финансовых, медицинских, транспортных и других услуг, а также на объектах критической информационной инфраструктуры.

24 июня 2021 г. на созданной ОАО «РЖД» совместно с МГТС опытной волоконно-оптической линии между ГВЦ ОАО «РЖД» и Центром тестирования МГТС протяженностью 40 км была успешно испытана первая отечественная криптографическая квантовая система ViPNet Quandor производства компании «ИнфоТекС», базирующаяся на протоколе квантового распределения ключей [9]. В ходе испытаний были продемонстрированы возможности системы по обеспечению безопасной передачи информации между доверенными узлами сети, корректность и устойчивость ее работы, а также было отработано межоператорское взаимодействие при развитии квантовой сети. Результаты испытаний позволяют сделать вывод о возможности применения технологий квантовых коммуникаций на действующих городских волоконно-оптических линиях связи, находящихся в процессе длительной эксплуатации [10].

11 августа 2021 г. холдинг РЖД совместно с АО «Компания ТрансТелеКом» и АО «МАШ» протестировали технологии квантовых коммуникаций на полигоне международного аэропорта Шереметьево. В ходе испытаний была продемонстрирована устойчивая работа канала квантовой коммуникации на действующей волоконно-оптической линии связи протяженностью 5,5 км. Тестирование технологии проводилось с использованием российского оборудования, произведенного компаниями Qrate и «Код безопасности» [7].

В октябре 2021 г. холдинг РЖД объявил тендер на разработку и создание системы квантовой коммуникации на непрерывных переменных. Сумма лота — 138 млн руб. В ноябре заключен договор с ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО». Согласно техническому заданию, для кодирования информации будут использоваться параметры электромагнитного поля, принимающие непрерывный ряд значений. Данное решение сделает невозможным взлом и несанкционированный доступ к данным. Предполагается, что разрабатываемая система будет передавать информацию на расстояние в несколько тысяч километров по топологии «точка-точка». Для этого потребуется решить проблему затухания сигнала в линии. Разрабатываемая система должна легко интегрироваться с коммуникационной инфраструктурой РЖД. Работа над опытными образцами передающего и принимающего оборудования, шифратора и блока оптического мультиплексирования должна быть закончена к декабрю 2022 г. По итогам работы должно быть опубликовано не менее двух научных статей. Срок исполнения договора — май 2023 г.

В декабре 2021 г. ОАО «РЖД» заключило договор на сумму 300 млн руб. на работы по теме «Разработка технологий и устройств квантовых коммуникаций для магистральных линий большой протяженности». В результате выполнения работ будет изготовлен и введен в эксплуатацию опытный образец квантового распределения ключа шифрования на сверхдлинных (более 200 км) однопролетных участках. По результатам исследований должны быть подготовлены не менее двух заявок на изобретение и опубликовано не менее пяти научных статей. Срок окончания работ — до 31 июля 2024 г.

26 января 2022 г. между центром компетенций НТИ «Квантовые коммуникации» НИТУ «МИСиС» и ОАО «РЖД» был заключен договор о создании инновационного устройства для квантово-защищенных сетей связи с использованием технологии недоверенного центрального узла. Данное оборудование позволит строить квантовые сети по топологии «звезда». При этом ключ будет распределяться сразу между периферийными устройствами, а не накапливаться в центральном узле. Это позволит снизить вероятность несанкционированного доступа. Договор предусматривает проведение научно-исследовательской работы, результатом которой должен стать экспериментальный образец нового типа оборудования. В рамках этого проекта ОАО «РЖД» выступает в роли заказчика, а исполнителями являются НИТУ «МИСиС» в партнерстве с компанией QRate [11].

В середине февраля 2022 г. стало известно, что РЖД направляет 3,5 млрд рублей на развитие квантовых коммуникаций. Это средства, привлеченные в ходе готовящейся допэмиссии.

13 ноября 2021 г. холдинг РЖД объявил тендер на сумму 36 млн руб. на право заключения договора на выполнение работ по теме «Разработка предварительных национальных стандартов: «Квантовые коммуникации. Термины и определения», «Квантовые коммуникации. Общие положения», «Квантовый интернет вещей. Термины и определения», «Квантовый интернет вещей. Общие положения», «Квантовый интернет вещей. Типовой программно-аппаратный комплекс, реализующий функции системы квантового распределения ключей. Архитектура», «Квантовый интернет вещей. Типовой программно-аппаратный комплекс, реализующий функции системы квантового распределения ключей. Интерфейсы подключения». Создание стандартов было предусмотрено в дорожной карте по развитию квантовых коммуникаций, которую курирует РЖД в рамках нацпрограммы «Цифровая экономика». По результатам торгов в январе был заключен договор о разработке стандартов для технологий квантовых коммуникаций и квантового интернета вещей со Сколковским институтом науки и технологий (Сколтех). Реализацией проекта занимается консорциум, в который кроме

РЖД вошли центры компетенций национальной технологической инициативы (НТИ) на базе «Сколтеха», Технический комитет 194 «Кибер-физические системы» (ТК 194) и Технический комитет 26 «Криптографическая защита информации».

К августу 2022 г. уже были разработаны первые редакции для двух стандартов в области квантовых коммуникаций и четырех стандартов в области квантового интернета вещей, не имеющие международных аналогов. Стандарты позволят унифицировать различные теоретические подходы к изучению квантовых систем и перейти к их реализации и практическому применению, а также будут способствовать развитию добросовестной конкуренции и снижению технических барьеров [12].

Таким образом, ОАО «РЖД» играет ведущую роль в развитии квантовых коммуникаций в нашей стране. Холдинг был выбран куратором этого высокотехнологичного направления, и не случайно: компания обладает инфраструктурой, всеми необходимыми компетенциями в области развития современных технологий, имеет собственные научно-исследовательские институты и профильные высшие учебные заведения. Деятельность компании нацелена на объединение усилий и компетенций всех разработчиков и участников рынка в данной сфере, для того чтобы вывести РФ на позиции мирового лидера в области квантовых технологий. Созданный в ОАО «РЖД» департамент квантовых коммуникаций (ЦКК) организует партнерство научных, образовательных и иных организаций, а также производителей, потребителей услуг, продуктов и сервисов в области квантовых коммуникаций и координирует их работу в части развития и внедрения квантовых коммуникаций, подготовки профильных специалистов, стимулирования рынка и поддержки спроса.

Компания инициирует проведение научно-исследовательских работ и научно-технических проектов и вкладывает в них свои средства. Темы потенциальных проектов в рамках реализации мероприятий дорожной карты подготавливаются ОАО «РЖД» и выносятся на обсуждение экспертных групп, в состав которых входят ведущие научно-исследовательские и образовательные организации, компании — разработчики и производители оборудования, операторы и потенциальные потребители сервисов квантовых коммуникаций. Созданная при научно-техническом совете ОАО «РЖД» секция «Квантовые коммуникации» и экспертные группы обеспечивают экспертное сопровождение подготовки и запуска научно-технологических проектов, что позволяет учитывать позиции всех участников экосистемы в данной области и вырабатывать консолидированную позицию [5]. На объектах инфраструктуры ОАО «РЖД» проходят тестирование и обкатку новые технологии и оборудование. **ИТ**

Список литературы

1. Новости за 1 февраля 2022. Заработал первый в Европе квантовый суперкомпьютер более чем с 5000 кубитами. URL: <https://www.ixbt.com/news/2022/02/01/> (дата обращения: 15.10.2022).
2. РЖД создали департамент квантовых коммуникаций // Интерфакс. URL: <https://www.interfax.ru/russia/672647> (дата обращения: 15.10.2022).
3. РЖД создала квантовый департамент // Ведомости. 14 августа 2019. URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2019/08/13/808746-rzhd-sozdala-departament> (дата обращения: 10.10.2022).
4. РЖД потратит 25 миллиардов на квантовые сети. URL: https://www.cnews.ru/news/top/2020-01-13_rzhd_potratit_pochti_25_mlrd (дата обращения: 15.10.2022).
5. Утверждена дорожная карта развития квантовых коммуникаций. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9397/page/104069?id=2548245> (дата обращения: 15.10.2022).
6. Паспорт дорожной карты развития высокотехнологичной области «квантовые коммуникации» на период до 2024 года: утв. Минцифры России 27.08.2020 № 17. URL: <https://client.consultant.ru/site/list/?id=1016418229> (дата обращения: 15.10.2022).
7. Департамент квантовых коммуникаций (ЦКК) // Официальный сайт ОАО «РЖД». URL: <https://company.rzd.ru/ru/9349/page/105554?accessible=true&id=2694&ysclid=I9pargsn2h237110764#6770> (дата обращения: 15.10.2022).
8. РЖД и «Ростелеком» будут сотрудничать в развитии квантовых коммуникаций // Ростелеком. Технологии возможностей. URL: <https://www.company.rt.ru/press/news/d459500/> (дата обращения: 15.10.2022).
9. Квантовая криптографическая система ViPNet Quandor компании «ИнфоТекС» успешно прошла испытания на сети связи между РЖД и МГТС. URL: <https://infotecs.ru/about/press-centr/press-relezy/kvantovaya-kriptograficheskaya-sistema-vipnet-quandor-kompanii-infoteks-uspeshno-proshla-ispytaniya-.html> (дата обращения: 15.10.2022).
10. Потаева К. Революция 4.0. Прорывные технологии // Пульт управления. Журнал для руководителей компаний транспортной отрасли. URL: <http://www.pult.gudok.ru/archive/detail.php?ID=1548503&ysclid=I9zcvngchc0321919628> (дата обращения: 15.10.2022).
11. НИТУ «МИСиС» и РЖД разработают новую технологию в квантовых сетях связи для защиты от утечек информации. URL: https://www.cnews.ru/news/line/2022-01-26_nitu_misis_i_rzhd_razrobotayut?ysclid=I9yhhojqo6467913706 (дата обращения: 15.10.2022).
12. РЖД предложила создать стандарты квантовых технологий. URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2022/08/25/937508-rzhd-kvantovih-tehnologii> (дата обращения: 15.10.2022).

References

1. News for February 1, 2022. Europe's first quantum super-computer with more than 5,000 qubits has been launched. URL: <https://www.ixbt.com/news/2022/02/01/> (accessed on: 10/15/2022).
2. Russian Railways created the Department of Quantum Communications // Interfax. URL: <https://www.interfax.ru/russia/672647> (accessed on: 10/15/2022).
3. Russian Railways has created a quantum department // Vedomosti. August 14, 2019. URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2019/08/13/808746-rzhd-sozdala-departament> (accessed on: 10.10.2022).
4. Russian Railways will spend 25 billion on quantum networks. URL: https://www.cnews.ru/news/top/2020-01-13_rzhd_potratit_pochti_25_mlrd (accessed on: 10/15/2022).
5. The roadmap for the development of quantum communications has been approved. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9397/page/104069?id=2548245> (accessed on: 10/15/2022).
6. Passport of the roadmap for the development of the high-tech field "quantum communications" for the period up to 2024: approved by the Ministry of Finance of Russia on 08/27/2020 No. 17. URL: <https://client.consultant.ru/site/list/?id=1016418229> (accessed on: 10/15/2022).
7. Department of Quantum Communications (CCK) // Official website of JSC "Russian Railways". — URL: <https://company.rzd.ru/ru/9349/page/105554?accessible=true&id=2694&ysclid=I9pargsn2h237110764#6770> (accessed on: 10/15/2022).
8. Russian Railways and Rostelecom will cooperate in the development of quantum communications // Rostelecom. Technology opportunities. URL: <https://www.company.rt.ru/press/news/d459500/> (accessed on: 10/15/2022).
9. The quantum cryptographic system ViPNet Quandor of Infotex company has successfully passed tests on the communication network between Russian Railways and MGTS. URL: <https://infotecs.ru/about/press-centr/press-relezy/kvantovaya-kriptograficheskaya-sistema-vipnet-quandor-kompanii-infoteks-uspeshno-proshla-ispytaniya-.html> (accessed on: 10/15/2022).
10. Potaeva K. Revolution 4.0. Breakthrough technologies // Remote control. Magazine for the heads of companies in the transport industry. URL: <http://www.pult.gudok.ru/archive/detail.php?ID=1548503&ysclid=I9zcvngchc0321919628> (accessed on: 10/15/2022).
11. NUST MISIS and Russian Railways will develop a new technology in quantum communication networks to protect against information leaks. URL: https://www.cnews.ru/news/line/2022-01-26_nitu_misis_i_rzhd_razrobotayut?ysclid=I9yhhojqo6467913706 (accessed on: 10/15/2022).
12. Russian Railways proposed to create standards for quantum technologies. URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2022/08/25/937508-rzhd-kvantovih-tehnologii> (accessed on: 10/15/2022).



**Александр
Васильевич
Смолянинов**

**Alexander V.
Smolyaninov**



**Виталий
Федорович
Кармацкий**

**Vitaly F.
Karmatsky**



**Денис
Владимирович
Волков**

**Denis V.
Volkov**

Анализ организационно-структурных преобразований вагоноремонтных предприятий

Analysis of organizational and structural transformations of railway car repair enterprises

Аннотация

В статье приводится ретроспективный анализ организационно-структурных преобразований в вагонном хозяйстве железнодорожного транспорта, формирования вагоноремонтного комплекса как самостоятельной сферы промышленного производства. Анализируются новые подходы в деятельности крупных вагоноремонтных компаний, на долю которых приходится до 80 % плановых видов ремонта грузовых вагонов. Отмечается концентрация ремонтного производства, построение организационных структур по принципам дивизионального управления в машиностроительных холдингах, создание вновь производственных мощностей для капитального ремонта колесных пар вагонов, а также для текущего отцепочного ремонта. Поддерживаются предложения союза вагоноремонтных предприятий по разработке эффективной системы содержания вагона в работоспособном состоянии на всем жизненном цикле в новых реалиях, с участием всех заинтересованных сторон, включая представителей профильных научных институтов и университетов.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, вагонное хозяйство, вагоноремонтное производство, грузовой вагон, ремонт капитальный и деповской, техническое обслуживание, структурные преобразования, безопасность движения.

Abstract

The article provides a retrospective analysis of organizational and structural transformations in the railway car industry, the formation of a car repair complex as an independent sphere of industrial production. The article analyzes new approaches in the activities of large railcar repair companies, which account for up to 80% of planned types of freight car repairs. There is a concentration of repair production, the construction of organizational structures according to the principles of divisional management in machine-building holdings, the creation of new production facilities for the overhaul of wagon wheel sets, as well as for ongoing uncoupling repairs. The proposals of the Union of railcar repair enterprises on the development of the effective system for keeping a railway car in working condition throughout its life cycle in the new realities, with the participation of all interested parties, including representatives of specialized scientific institutes and universities, are supported.

Keywords: railway transport, railway car industry, railcar repair production, freight car, capital and depot repairs, maintenance, structural transformations, traffic safety.

Авторы Authors

Александр Васильевич Смолянинов, д-р техн. наук, профессор кафедры «Вагоны» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: asmolyaninov@inbox.ru | Виталий Федорович Кармацкий, доцент кафедры «Вагоны» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: vkarmatskiy@mail.ru | Денис Владимирович Волков, канд. техн. наук, доцент кафедры «Вагоны» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: dvolkov@usurt.ru

Alexander V. Smolyaninov, Doctor of technical Sciences, Professor of the "Railway cars" Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: asmolyaninov@inbox.ru | Vitaliy F. Karmatskiy, Associate Professor of the "Railway cars" Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: vkarmatskiy@mail.ru | Denis V. Volkov, Candidate of technical Science, Associate Professor of the "Railway cars" Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: dvolkov@usurt.ru

Введение

Работоспособное состояние грузового вагона на всем протяжении его жизненного цикла обеспечивается плановыми видами ремонта (деповским и капитальным) и техническим обслуживанием с отцепкой или без отцепки вагона от состава.

С момента работы железнодорожного транспорта исправное состояние вагонов обеспечивалось различными структурными образованиями железных дорог, выделенными в 1933 г. в самостоятельную отрасль железнодорожного транспорта — вагонное хозяйство. Основное назначение вагонного хозяйства осталось прежним, а именно выполнение перевозок пассажиров и грузов исправными вагонами, отвечающими требованиям безопасности движения и обеспечивающими необходимые удобства для пассажиров и сохранность перевозимых грузов. До 2006 г. плановые виды ремонта и техническое обслуживание осуществляли вагонные депо, являющиеся линейными предприятиями каждой железной дороги. Капитальный ремонт вагонов осуществлялся вагоноремонтными заводами, которые проводили и формирование новых колесных пар.

В рамках реформирования железнодорожного транспорта в 2006 г. была создана Центральная дирекция по ремонту грузовых вагонов, объединившая 118 депо, входящих в дирекции 13 железных дорог России [1]. Не вошедшие в состав дирекции 25 вагонных депо предложены к продаже.

В связи с созданием открытых акционерных обществ «Вагонная ремонтная компания — 1» (ВРК-1), «Вагонная ремонтная компания — 2» (ВРК-2) и «Вагонная ремонтная компания — 3» (ВРК-3) в форме дочерних обществ ОАО «РЖД» с июля 2012 г. прекращена хозяйственная деятельность Центральной дирекции по ремонту грузовых вагонов — филиала ОАО «РЖД».

Вагоноремонтное производство: новые подходы и перспективы

Несмотря на прошедшие преобразования, сегодня назрела необходимость комплексного пересмотра подходов к системе технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов, которая продолжает базироваться на принципах содержания всего вагонного хозяйства в одном монопольном транспортном комплексе, сложившихся еще при Министерстве путей сообщения Советского Союза [2].

Положительный опыт создания и последующей деятельности таких организаций, как саморегулируемая организация «Союз операторов железнодорожного транспорта» (СРО «СОЖТ») и некоммерческое партнерство «Объединение производителей железнодорожной тех-

ники» (НП «ОПЖТ»), послужил примером для создания некоммерческой организации «Союз вагоноремонтных предприятий», объединяющей вагоноремонтные предприятия России с целью защиты интересов данного общества на всех уровнях.

«Систему необходимо адаптировать к сегодняшним реалиям, — считает Д. Н. Лосев, исполнительный директор Союза вагоноремонтных предприятий (СВРП), — когда не только вагонный парк стал частным, но и вагоноремонтные компании перешли в частный бизнес» [2]. В состав союза как некоммерческой организации входят 14 крупных вагоноремонтных компаний, совокупная доля которых превышает 80 % российского рынка ремонта грузовых вагонов.

Поддерживая стремление Союза вагоноремонтных предприятий по консолидации усилий всех участников, взаимодействующих между собой на жизненном цикле вагона и заинтересованных в разработке эффективной системы его содержания, авторы считают, что представители профильных научных институтов и университетов должны принять участие в подготовке предложений по совершенствованию системы ремонта и поддерживающей ее нормативно-технической документации.

Цель данного исследования состоит в том, чтобы проследить произошедшие изменения в вагонном хозяйстве железных дорог, главными задачами которого сейчас являются обеспечение недопуска неисправных вагонов на инфраструктуру железнодорожного транспорта общего пользования, подготовка вагонов к перевозкам и техническое обслуживание их в пути следования. Ранее в системе МПС, как единого хозяйствующего субъекта на железнодорожном транспорте, генеральной задачей вагонного хозяйства было обеспечение перевозочного процесса исправными вагонами. В настоящее время произошли существенные изменения в организационно-правовом статусе, целях деятельности и принципах взаимодействия всех элементов транспортной системы страны, включая вагоноремонтное производство. Необходимо уделить более пристальное внимание новым подходам к организации производства на вагоноремонтных предприятиях, которые выделились в самостоятельный бизнес, основанный на частной форме собственности.

Вагоноремонтное производство — это комплекс операций по восстановлению исправного или работоспособного состояния вагона или его составных частей и/или восстановлению их ресурса в соответствии с требованиями технической документации, осуществляемых на вагоноремонтных предприятиях, которые распределяются по видам ремонта.

Вагоноремонтные заводы предназначены для капитального ремонта, выполняемого для восстановления исправного состояния и полного или близкого к полному восстановлению ресурса вагонов с заменой или восстановлением любых его элементов конструкции, включая базовые.



Рис. 1. Вагонсборочный участок вагонного ремонтного депо

Деповской ремонт выполняется в период между капитальными ремонтами в вагонных ремонтных депо и подобных им предприятиях, получивших право ремонта (рис. 1). Этот вид ремонта проводится в соответствии с ремонтной и технологической документацией для восстановления исправности и восстановления межремонтного ресурса, с заменой и/или восстановлением отдельных элементов конструкции, контроль технического состояния которых предусмотрен объемом этого ремонта [3].

Основные термины и определения понятий в области ремонта грузовых и пассажирских вагонов устанавливает ГОСТ 32884–2014 «Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт железнодорожного подвижного состава. Термины и определения».

История преобразований в вагонном хозяйстве ОАО «РЖД» и эволюция вагоноремонтного бизнеса

В соответствии с концепцией по разделению активов на профильные и непрофильные, имущественный комплекс вагонного хозяйства ОАО «РЖД» был разделен на два блока — эксплуатационный и ремонтный [4–6]. В 2011 г. был создан своеобразный внутренний вагоноремонтный холдинг. В него вошли стопроцентные дочерние общества — ОАО «ВРК-1», «ВРК-2» и «ВРК-3»,

созданные на базе вагоноремонтных подразделений, входивших в структуру Центральной дирекции по ремонту грузовых вагонов ОАО «РЖД».

На момент создания ВРК-1, ВРК-2 и ВРК-3 они занимали доминирующее положение на рынке вагоноремонтных услуг в РФ. На их долю приходилось 70 % выполненных объемов плановых ремонтов грузовых вагонов. Остальные объемы вагоноремонтного производства осваивались зарождающимися частными предприятиями, число которых приближалось к 65.

Анализ мероприятий ОАО «РЖД» по подготовке к разделению имущественного комплекса вагонного хозяйства и формированию структуры своего вагоноремонтного холдинга дает основание полагать, что ОАО «РЖД» уже на начальном этапе планировало продать частями вагоноремонтный комплекс как непрофильный актив по рыночной стоимости. При создании вагоноремонтных компаний в форме своих дочерних обществ был нарушен территориальный принцип организации производственных структур в действующих границах 17 железных дорог либо в границах федеральных округов. Формирование структуры трех ВРК заведомо предполагало невозможность конкуренции между ними.

В состав ОАО «ВРК-1» было включено 40 вагоноремонтных предприятий, в том числе 15 вагоноколесных мастерских и один завод в управлении с лучшей локацией депо по главному ходу на крупных сортировочных станциях. Это давало существенные конкурентные

преимущества в сравнении с двумя другими «дочками» ОАО «РЖД». В их числе четыре самых крупных вагоноремонтных депо в границах Уральского федерального округа — Ишим, Свердловск-Сортировочный, Чусовская и Магнитогорск. В начале 2000-х гг. в этих депо за счет средств ОАО «РЖД» была проведена существенная реконструкция и дооснащение современным технологическим оборудованием [5].

В состав ОАО «ВПК-2» было включено 41 ремонтное депо и 15 вагоноколесных мастерских, расположенных в большинстве своем территориально в центральных и южных регионах России. В границах Свердловской железной дороги расположено 3 депо: Серов-Сортировочный, Войновка, Пермь-Сортировочная.

В ОАО «ВПК-3» входят четыре представительства: Ярославское, Саратовское, Челябинское и Новосибирское, объединяющих 38 вагоноремонтных предприятий. История многих из них начиналась с приходом первых железных дорог в Россию в конце XIX века, и они имеют уже «преклонный возраст» — ВЧДр Елец (1868 г.), ВЧДр Муром (1880 г.), ВЧДр Похвистнево (1888 г.). В Уральском федеральном округе расположено 9 недостаточно развитых вагонных депо с расчетной производственной мощностью каждого 2000–2500 вагонов в год.

В 2007 г. были выставлены на продажу 25 вагонных ремонтных депо ОАО «РЖД», не планируемые к включению в ВПК-1, ВПК-2 и ВПК-3. Первым на аукционе по цене, в три раза превышающей стартовую цену, в 2008 г. было продано ремонтное вагонное депо Верхний Уфалей, расположенное на стыке Южно-Уральской и Свердловской железных дорог. Собственником этого депо стало ЗАО «Уралгоршахткомплект». Общая мощность депо по плановым ремонтам — до 480 вагонов в месяц, объем капитального ремонта вагонов составляет 30 %. Покупка 16 из выставленных на продажу ремонтных депо частными инвесторами способствовала появлению новых игроков вагоноремонтного бизнеса, занявших в настоящее время устойчивое положение. В их числе можно назвать ООО «ГК Новотранс», ООО «НВПК», ООО «РМ Рейл ВКМ-Сервис», которое входит в холдинг «РМ Рейл» — интегрированный крупнейший производитель специальных грузовых вагонов в России [6, 7, 11, 12].

Современное состояние вагоноремонтной отрасли

Анализ итогов работы вагоноремонтной отрасли в настоящее время показывает, что усиливается конкуренция среди вагоноремонтных предприятий, снижается доля крупных вагоноремонтных компаний на рынке ремонта вагонов. По итогам 2019 г. на долю компаний ВПК-1, ВПК-2 и ВПК-3 приходилось 53,7 % от общего объема вагоноре-

монтного производства в России. По итогам 2020 г. объемы плановых видов ремонтов, выполняемых на мощностях ОАО «ВПК-1», сократились к 2019 г. на 26 %.

Сокращение спроса на ремонтные услуги, устаревшие технологии ремонта, высокий износ основных фондов депо и отсутствие достаточных источников финансирования побудили ОАО «РЖД» к поэтапному выходу из вагоноремонтного бизнеса. Бывшие дочерние акционерные общества ОАО «РЖД» — вагоноремонтные компании ВПК-2 и ВПК-3 в 2019–2020 гг. сменили своих собственников. АО «ВПК-3» вошло в состав крупного металлургического холдинга АО «Объединенная металлургическая компания» и сменило свое название на АО «ОМК Стальной путь». В июне 2020 г. владельцем АО «ВПК-2» стала «Новая вагоноремонтная компания». В средствах массовой информации обсуждаются варианты возможной продажи ОАО «ВПК-1» [8].

На рынок ремонта грузовых вагонов приходят новые игроки, а новые собственники «дочек» РЖД более честно заявляют о целях своего бизнеса — получении максимальной прибыли, меняют приоритеты в организации производства и принципы взаимодействия с другими участниками транспортной отрасли. В вагоноремонтный бизнес приходит осознание того, что его предназначение состоит в удовлетворении спроса собственников вагонов на качественный ремонт, с гарантией безотказной работы в межремонтный период и ответственностью перед перевозчиком за обеспечение безопасности движения.

Устойчивое положение занимает вагоноремонтный дивизион холдинга «Новотранс» — ООО «РК «Новотранс», доля которого на рынке ремонта вагонов составляет 15 %. В состав дивизиона входят Каширский вагоноремонтный завод (Московская обл.), Кузбасское вагоноремонтное предприятие (г. Прокопьевск, Кемеровская обл.), Бийское вагоноремонтное предприятие (г. Бийск, Алтайский край), вагоноремонтное предприятие «Новотранс» (пос. Тайтурка, Иркутская обл.). Здесь в 2021 г. прошли плановый ремонт 64,5 тыс. грузовых вагонов. Это на 19,6 % превышает показатели 2020 г. [9].

ООО «РК «Новотранс» по итогам 2021 г. показал лучший результат в рейтинге профильных предприятий по показателю безотказной работы (ПБР), составленном ОАО «РЖД». Среднее значение ПБР заводов «Новотранс» в 2021 г. составило 91,7 % при среднесетевом уровне 90,3 %. Это наиболее высокий показатель среди всех крупных игроков вагоноремонтного рынка [9].

В ближайшее время будет введено в эксплуатацию в Волосовском районе Ленинградской области пятое предприятие — Балтийский вагоноремонтный завод «Новотранс». Планируемая производственная мощность депо — 25–30 тыс. вагонов в год. В вагоноколесных мастерских планируется выпускать 35 тыс. колесных пар в год и заниматься подготовкой вагонов-цистерн под налив и в ремонт [10].

Новые собственники вагоноремонтных компаний, вышедших из состава ОАО «РЖД», активно создают вновь либо реконструируют вагоноколесные мастерские (ВКМ) и увеличивают объемы для капитального ремонта колесных пар. В ООО «НВРК» уже действует 26 ВКМ, в том числе 14 из них оснащены оборудованием для производства чистовой оси РУ-1Ш, что позволяет формировать колесные пары по системе НОНК (новые оси, новые колеса) по собственному чертежу. Кроме того, все предприятия НВРК предоставляют услуги по текущему и среднему ремонту колесных пар в колесно-роликовых участках [12].

Аналогичную работу по увеличению объемов капитального ремонта колесных пар проводит вагоноремонтная компания «ОМК Стальной путь». В 2020 г. здесь запустили две новых вагоноколесных мастерских на базе своих депо Сальск (Ростовская обл.) и Кемь (Карелия), производственные мощности которых рассчитаны на ремонт более 20 тыс. колесных пар в год.

Эти ВКМ появились в дополнение к открытым ранее мастерским в депо Калуга (Калужская обл.), Курган (Курганская обл.), Вихоревка и Черемхово (Иркутская обл.) и на Свободненском вагоноремонтном заводе (Амурская обл.). Поставлено новое оборудование в депо Болотная (Новосибирская обл.) и Сасово (Рязанская обл.), где увеличены на 40 % мощности ВКМ, что позволит ремонтировать более 53 тыс. колесных пар в год.

В 2021 г. введены в строй колесные мастерские в депо Златоуст (Челябинская обл.) и Егоршино (Свердловская обл.). Сейчас в структуре АО «ОМК Стальной путь» работают 14 вагоноколесных мастерских по всей России, в планах компании на 2022 г. открыть новые ВКМ и развивать это направление бизнеса [13].

Необходимо отметить, что все крупные вагоноремонтные компании активно развивают свой бизнес в сфере текущего ремонта вагонов, который до недавнего времени был исключительной монополией эксплуатационных вагонных депо в составе ОАО «РЖД». В ООО «НВРК» в 2022 г. в вагонных ремонтных депо уже действует 57 участков ТОР, компания планирует расширять эту сферу деятельности и создать крупнейшую в России сеть из 60 участков ТОР. Аналогичную политику проводят компании «ОМК Стальной путь» и ООО «РК «Новотранс».

Новым подходом в вагоноремонтном бизнесе стал переход к принципам организации производства по аналогии с машиностроительным производством. Это в первую очередь концентрация производства, внедрение дивизиональной организационной структуры управления, дооснащение предприятий современным технологическим оборудованием. Например, ООО «Новая вагоноремонтная компания» в прошлом году реорганизовало 9 вагонных ремонтных депо в вагоноремонтные заводы с целью увеличения объемов капитального ремонта вагонов и расширения за счет этого клиентской базы [12].

К сожалению, в вагонных ремонтных депо этой компании, как и во многих других, не решены проблемы обеспечения надлежащего качества ремонта. Под качеством ремонта понимается степень соответствия совокупности технических характеристик отремонтированного вагона или его составных частей требованиям нормативной и технической документации. За качество ремонта несет ответственность вагоноремонтное предприятие, осуществляющее ремонт. В ремонте надлежащего качества заинтересованы и осуществляют контроль все участники транспортной системы. Поэтому не случайно, что утвержденной Правительством РФ в 2017 г. «Стратегией развития транспортного машиностроения Российской Федерации на период до 2030 года» предусмотрена разработка «единой системы оценки контроля качества ремонта железнодорожного подвижного состава», что подтверждает наш тезис о машиностроительном характере вагоноремонтного производства.

Вагоностроители и вагоноремонтные предприятия несут обязательства по безотказной работе вагона в гарантийные (межремонтные) сроки, невыполнение которых влияет на обеспечение безопасности движения. Поэтому государство оставило за ОАО «РЖД» право контроля качества производства и ремонта вагонов предприятиями независимо от их формы собственности.

В Центральной дирекции инфраструктуры введен институт инспекторов вагонов, осуществляющих допуск произведенных и отремонтированных вагонов к эксплуатации на инфраструктуре железнодорожного транспорта общего пользования.

В то же время в эксплуатации качество планового ремонта грузовых вагонов оценивается ежеквартально Департаментом безопасности движения ОАО «РЖД» по показателю безотказной работы (ПБР) для каждого депо, независимо от их формы собственности. По итогам 2021 г. в зону риска с низким качеством ремонта вошли вагоноремонтные заводы и депо, осуществляющие деятельность по проведению планового ремонта грузовых вагонов: ВРД Морозовская ООО «Колеса РЖД» — 73,29 %; Армавирское ВРД — 74 %; ВЧДР Тында ООО «НВРК» — 74,13 %; ВЧДР Сарепта ООО «НВРК» — 78,89 %; Боготольский ВРЗ — 79,46 %; ВУ Суховская-Южная ВЧДР Иркутск-Сортировочный ООО «НВРК» — 80,91 %; ВЧДР Кемерово АО «ОМК Стальной путь» — 81,33 %; ВРД Махачкала ООО «ЮВК» — 81,49 %; ВРД Буряя ООО «Дальвагонремонт» — 81,57 % [14].

По итогам I полугодия 2022 г. ситуация по данным предприятиям ухудшилась, и к списку добавились ВЧДР Рузаевка АО «ОМК Стальной путь» — 85,38 %; ООО «ВагонДорМаш» — 85,65 %; ВЧДР Люблино АО «ВРК-1» — 85,68 %.

Но есть и положительные примеры. Лучший результат 91,7 % при среднесетевом уровне 90,3 % в рейтинге 2021 г. по ПБР показал холдинг «Новотранс». Это

наиболее высокий показатель среди всех крупных игроков вагоноремонтного рынка [9]. По итогам I полугодия 2022 г. в числе лучших названы Орский ВРЗ — филиал ООО «НВРК» — 96,45 %, ВЧДР «Лянгасово» ВРК-1 — 93,73 %, Барнаульский ВРЗ — 93,15 % и многие другие, достигшие ПБР выше среднесетевого уровня [15].

В дальнейшем можно предполагать, что в целях усиления контроля качества ремонта вагонов будет изменена действующая процедура получения ремонтными предприятиями разрешения на ремонт вагонов в виде условного номера клеймения ответственных узлов. Возможно, произойдет возврат к лицензированию вагоноремонтной деятельности.

Повышению качества ремонта вагонов должно способствовать изменение кадровой политики крупных вагоноремонтных компаний, которые стремятся быть привлекательными работодателями, постоянно улучшают систему управления персоналом, обеспечивая возможности для профессионального развития работников. В АО «ОМК Стальной путь» и в ООО «НВРК» созданы учебные центры, которые ведут подготовку по рабочим специальностям и повышают квалификацию специалистов по дополнительным профессиональным программам на основании соответствующих лицензий. В АО «ВРК-1» реализуется программа обучения и повышения квалификации персонала, обеспечивающая непрерывность обучения сотрудников в течение всего периода работы, использование современных обучающих программ, проведение семинаров и тренингов, поощрение самообразования.

В числе нерешенных проблем организации вагоноремонтного производства следует назвать резкое повышение цен на запасные части и материалы, услуги сторонних организаций (аренда путей, подача-уборка вагонов и другие), увеличение тарифов на энергоресурсы. По данным СВРП, за последние 10 лет цены на запчасти и комплектующие для вагоноремонта увеличились в среднем в два раза. Отмечен значительный рост цен на тормозные колодки, фрикционные клинья и цилиндрические подшипники, пружины рессорного комплекта, металлопрокат и буксовую смазку [2].

Аналогичная ситуация и с другими запасными частями, метизами и материалами. В ноябре 2021 г. средняя цена за капитальный ремонт колесной пары составила 139 тыс. рублей, а на некоторых ремонтных предприятиях она доходит до 150 тыс. рублей и выше. В первую очередь на стоимость капитального ремонта колесных пар влияет стоимость самого диска колеса, который по-прежнему находится в дефиците по ряду причин [16]. Но на ближайшую перспективу до 2025 г. экспертами прогнозируется снижение спроса на железнодорожные колеса. Предполагается рост объемов выпуска

колес в 1,5–2 раза за счет существенного увеличения мощностей для производства колес на существующих заводах и строительства двух новых заводов. Это Балтийский вагоноремонтный завод и новое производство железнодорожных колес на территории особой экономической зоны «Титановая долина» (г. Верхняя Салда), строительство которого ведет компания «Аллегро», созданная ЕВРАЗом и промышленной группой «Рейл Сервис» [11, 17].

Выводы

В современных условиях вагоноремонтное производство в качестве вагонных ремонтных депо железных дорог трансформируется в промышленные предприятия различных форм собственности.

По состоянию на третий квартал 2022 г. вагоноремонтный бизнес представлен следующими крупнейшими предприятиями: ОАО «ВРК-1», ООО «Новая вагоноремонтная компания» (НВРК), АО «ОМК Стальной путь» и ООО «РК «Новотранс».

НВРК позиционируется как вагоноремонтный холдинг номер один в России, включающий восемь дивизионов (Центр, Юг, Север, Волга, Урал, Сибирь, Байкал и Восток), объединяющих 26 депо и 26 ВКМ, на которых осваивается 140 тысяч плановых ремонтов вагонов в год.

ОАО «ВРК-1» включает в себя 38 вагоноремонтных депо, одно ремонтно-механическое депо и одну обособленную вагоноколесную мастерскую. Вагонные ремонтные предприятия этой компании расположены в стратегически важных железнодорожных узлах на сети железных дорог. По результатам работы в 2021 г. плановыми видами ремонта отремонтировано 70462 вагона, в том числе выполнено 6746 капитальных ремонтов.

АО «ОМК Стальной путь» объединяет 37 вагоноремонтных депо на территории 26 регионов России. Производственные мощности позволяют обслуживать и ремонтировать более 170 тысяч вагонов и 160 тысяч колесных пар в год.

Мощности 5 вагоноремонтных заводов ООО «РК «Новотранс» позволяют ремонтировать более 75 тыс. вагонов и 72 тыс. колесных пар в год и быть в числе ведущих предприятий по уровню развития технологий.

Анализ организационно-структурных преобразований и новых подходов к организации производства в крупных вагоноремонтных компаниях указывает на положительный результат проводимой работы. Но осталось много проблем в части совершенствования нормативно-правовой и технической документации по содержанию и ремонту вагонов, в решении которых должно активнее участвовать вузовское научное сообщество. **ИТ**

Список литературы

1. Положение ОАО РЖД от 01.02.2006 № 110 «О Центральной дирекции по ремонту грузовых вагонов — филиале открытого акционерного общества «Российские железные дороги». URL: https://cssrzd.ru/orders/9686_polozhenie_oao_rzhd_ot_01_02_2006_n_110_doc.php.
2. Лосев Д. Рынок ремонта ждет комплексных перемен // Гудок. № 14 (27450). 30.06.2022. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1607686&archive=2022.06.30> (дата обращения: 22.09.2022).
3. Вагонное хозяйство : учебник для вузов ж.-д. транспорта / П. А. Устич, И. И. Хаба, В. А. Ивашов и др.; под ред. П. А. Устича. М. : Маршрут, 2003. 560 с.
4. Концепция реформирования комплекса ОАО «РЖД», обеспечивающего ремонт и содержание грузового подвижного состава. URL: http://static.scbist.com/scb/uploaded/1_1334321977.doc.
5. Смольянинов А. В., Кармацкий В. Ф., Соломенников А. А. Анализ текущего состояния, проблемы и перспективы вагоноремонтного производства в Уральском федеральном округе // Инновационный транспорт. 2020. № 4 (38). С. 37–43. ISSN 2311–164X.
6. Смольянинов А. В., Кармацкий В. Ф., Волков Д. В. Реформирование вагонного комплекса: итоги, проблемы, перспективы // Инновационный транспорт. 2021. № 4 (42). С. 57–61. ISSN 2311–164X.
7. Компания РМ Рейл: официальный сайт. URL: <https://rmrail.ru/company/about>.
8. РЖД собирается полностью выйти из вагоноремонтного бизнеса // Ведомости. 22 октября 2021 г. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2021/10/21/892436-rzhd-vagonoremontnogo>.
9. «Новотранс»: официальный сайт. URL: <https://novotrans.com> (дата обращения: 25.09.2022).
10. Инвестиционные проекты. ООО «Балтийский вагоноремонтный завод Новотранс» // «Новотранс»: официальный сайт. URL: <https://novotrans.com/remont-vagonov/%D0%B8%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%8B/> (дата обращения: 12.10.2022).
11. «Новотранс» стал лидером по качеству ремонта вагонов среди крупных вагоноремонтных компаний России // «Новотранс»: официальный сайт. URL: <https://novotrans.com/novotrans-stal-liderom-po-kachestvy-remonta/> (дата обращения: 14.09.2022).
12. Новая вагоноремонтная компания: официальный сайт. URL: <https://nvrk.ru> (дата обращения: 14.10.2022).
13. АО «Объединенная металлургическая компания» — «ОМК Стальной путь»: официальный сайт. URL: <https://omk.ru/units/omk-steel-way/> (дата обращения: 12.10.2022).
14. Итоги работы вагонного комплекса за 2021 год // Гудок. № 12 (27348). 26.01.2022. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1593158&archive=2022.01.26> (дата обращения: 14.02.2022).
15. Результат работы вагонного комплекса за первое полугодие 2022 года // Гудок. № 129 (27465). 21.07.2022. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1609543&archive=2022.07.21> (дата обращения: 16.09.2022).
16. Смольянинов А. В., Кармацкий В. Ф., Волков Д. В. О жизненном цикле колесной пары грузового вагона // Инновационный транспорт. 2022. № 2 (44). С. 35–41. ISSN 2311–164X.
17. ЕВРАЗ и Рейл Сервис продолжают строительство завода по производству железнодорожных колес // ИИС «Металлоснабжение и сбыт». URL: <https://www.metalinfo.ru/ru/news/139038> (дата обращения: 11.10.2022).

References

1. Regulations of JSC Russian Railways dated 01.02.2006 No. 110 «On the Central Directorate for the repair of freight cars — a branch of the Open Joint Stock Company «Russian Railways». URL: https://cssrzd.ru/orders/9686_polozhenie_oao_rzhd_ot_01_02_2006_n_110_doc.php.
2. Losev D. The repair market is waiting for complex changes // Gudok. № 14 (27450). 30.06.2022. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1607686&archive=2022.06.30> (accessed on: 22.09.2022).
3. Wagon economy: textbook for universities of railway transport / P. A. Ustich, I. I. Khaba, V. A. Ivashov, etc.; edited by P. A. Ustich. M.: Route, 2003. 560 p.
4. The concept of reforming the complex of JSC «Russian Railways», providing repair and maintenance of freight rolling stock. URL: http://static.scbist.com/scb/uploaded/1_1334321977.doc.
5. Smolyaninov A. V., Karmatsky V. F., Solomennikov A. A. Analysis of the current state, problems and prospects of car repair production in the Ural Federal District // Innotrans. 2020. No. 4 (38). P. 37–43. ISSN 2311–164X.
6. Smolyaninov A. V., Karmatsky V. F., Volkov D. V. Reforming the wagon complex: results, problems, prospects // Innotrans. 2021. No. 4 (42). P. 57–61. ISSN 2311–164X.
7. RM Rail Company: official website. URL: <https://rmrail.ru/company/about>.
8. Russian Railways is going to completely exit the car repair business // Vedomosti. October 22, 2021 URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2021/10/21/892436-rzhd-vagonoremontnogo>.
9. Novotrans: official website. URL: <https://novotrans.com> (accessed on: 25.09.2022).
10. Investment projects. LLC «Baltic car repair plant Novotrans» // «Novotrans»: official website. URL: <https://novotrans.com/remont-vagonov/%D0%B8%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%8B/> (accessed on: 12.10.2022).
11. «Novotrans» has become a leader in the quality of car repair among large car repair companies in Russia // «Novotrans»: official website. URL: <https://novotrans.com/novotrans-stal-liderom-po-kachestvy-remonta/> (accessed on: 09/14/2022).
12. New car repair company: official website. URL: <https://nvrk.ru> (accessed on: 14.10.2022).
13. JSC «United Metallurgical Company» — «OMK Steel Way»: official website. URL: <https://omk.ru/units/omk-steel-way/> (accessed on: 12.10.2022).
14. The results of the work of the wagon complex for 2021 // Gudok. № 12 (27348). 26.01.2022. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1593158&archive=2022.01.26> (accessed on: 02/14/2022).
15. The result of the work of the wagon complex for the first half of 2022 // Gudok. № 129 (27465). 21.07.2022. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1609543&archive=2022.07.21> (accessed on: 09/16/2022).
16. Smolyaninov A. V., Karmatsky V. F., Volkov D. V. About the life cycle of a wheelset of a freight car // Innotrans. 2022. No. 2 (44). P. 35–41. ISSN 2311–164X.
17. EVRAZ and Rail Service continue construction of a plant for the production of railway wheels // AIS «Metal Supply and sales». URL: <https://www.metalinfo.ru/ru/news/139038> (accessed on: 11.10.2022).



Татьяна Анатольевна
Антропова

Tatiana A. Antropova

Оценка прочности конструкций, машин и механизмов. Анализ методов и пути совершенствования

Assessment of the strength of structures, machines and mechanisms. Analysis of methods and ways of improvement

Аннотация

В статье проанализированы существующие подходы к расчету конструкции на прочность: детерминистический и статистический. Методика подходов позволяет изучить изменение механических характеристик, определить запас прочности детали, который зависит от этих характеристик. Оба метода являются достаточно объемными исследованиями, а обработка результатов имеет ряд условных допущений. Установлено, что данные подходы не позволяют в полной мере учитывать случайную природу возникновения ряда параметров машин, механизмов и их деталей. Предложено усовершенствовать методику расчета элементов конструкции на прочность, применяя комплексный подход, учитывающий случайное распределение исходных данных.

Ключевые слова: прочность, надежность, вероятностный метод расчета, механические характеристики, случайная величина, разрушение.

Abstract

The article analyzes the existing approaches to calculation of structural strength: deterministic and statistical. The method of approaches allows us to study the change in mechanical characteristics, to determine the safety margin of the part, which depends on these characteristics. Both methods are quite extensive studies, and the processing of results has a number of conditional assumptions. It is established that these approaches do not allow to take into account to full extent the random nature of occurrence of a number of parameters of machines, mechanisms and their parts. It is proposed to improve the methodology for calculating structural elements for strength, using an integrated approach which takes into consideration the random distribution of initial data.

Keywords: strength, reliability, probabilistic calculation method, mechanical characteristics, random variable, destruction.

Авторы Authors

Татьяна Анатольевна Антропова, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: TAntropova@usurt.ru

Tatiana A. Antropova, Associate Professor of "Design and Operation of Automobiles" Department of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: TAntropova@usurt.ru

В современном мире обеспечение надежности конструкций является одной из актуальных задач, напрямую связанных с развитием технических систем. Количество составных элементов передовых конструкций может достигать огромного числа, усложняется и характер их взаимодействия. Многие узлы и механизмы, а также целые технические комплексы выполняют функции, которые носят национальные или даже общечеловеческие масштабы.

Расчет на прочность проектируемых вагонов, как и любых других конструкций, выполняется с целью обеспечения достаточной, но не излишней эксплуатационной надежности этих конструкций. Это позволяет сочетать их долговечность и экономичность.

Прочностная надежность понимается как отсутствие отказов в течение заданного ресурса, приводящих к потере прочности или появлению недопустимых деформаций. Основным методом оценки прочностной надежности является определение запаса прочности, который зависит от стабильности условий нагружения, механических характеристик, уровня технологии и ряда других факторов [1, 2].

С повышением запасов прочности увеличивается прочностная надежность деталей, однако повышаются их масса и стоимость, что существенно влияет на стоимость конструкции в целом. С другой стороны, уменьшение запасов прочности и соответствующее уменьшение стоимости деталей снижает и надежность машины, увеличивая число отказов во время эксплуатации. Для того чтобы как-то разрешить это противоречие, предусматривают умеренные запасы прочности, а для ликвидации неизбежных при этом отказов — обработку создаваемой конструкции на надежность. Такая обработка представляет собой последовательные испытания нескольких опытных партий изделий, в результате которых постепенно выявляются и устраняются причины, вызывающие отказы. Однако подобная ситуация, не устраняя полностью отказы изделий в эксплуатации, резко увеличивает затраты на ее создание и одновременно удлиняет сроки внедрения, что отрицательно влияет на конкурентоспособность [3, 4].

Проанализировав сложившееся положение, можно прийти к выводу о целесообразности проведения исследований, направленных на совершенствование методики расчета конструкций на прочность. Необходимо устранить те недостатки и противоречия, которые возникают сейчас при использовании существующих методов расчета.

Существует два подхода к расчету конструкции на прочность: детерминистический и статистический.

Детерминистический метод состоит из двух этапов. На конструкцию действуют внешние нагрузки, поэтому сначала в ней определяются напряжения, деформации и перемещения. Для этого используют методы прикладной механики, теории упругости и т.п. Поскольку

полученные данные не дают ответа на вопрос о том, сможет ли данный механизм обеспечивать надежность на протяжении установленного срока службы, переходят ко второму этапу — сопоставлению вычисленных значений с нормативно допустимыми. На этом этапе довольно примитивными методами выбирается достаточно надежная и долговечная конструкция.

Расчет элементов конструкций на прочность до последнего времени производился по формулам Серенсена — Кинасошвили, предложенным в 1940-х гг., где рассматривались коэффициенты запаса прочности по нормальным, касательным напряжениям и общий [1, 5].

Под коэффициентом запаса прочности n понимают отношение предельного напряжения σ_{lim} , при котором происходит разрушение или другой вид потери работоспособности детали, к рабочему напряжению σ , воздействию на деталь в условиях эксплуатации:

$$n = \frac{\sigma_{lim}}{\sigma}$$

Коэффициент запаса прочности, по сути, вводится для того, чтобы перекрыть случайные вариации величин σ_{lim} и σ , т.е. характеристик прочности и эксплуатационных напряжений, которые являются случайными величинами.

Эти формулы сыграли большую роль в развитии методов расчета на прочность. Однако в связи с ростом требований к параметрам конструкций по надежности и долговечности необходимо дальнейшее совершенствование методов расчета.

Расчет коэффициентов запаса по формулам Серенсена — Кинасошвили построен на ряде условных допущений и имеет известные ограничения. Такими допущениями являются пренебрежение случайными вариациями характеристик сопротивления усталости и нагруженности; предположение об изменении напряжений по асимметричному циклу (хотя в действительности в большинстве случаев они изменяются случайным образом во времени). Ограниченность метода расчета по коэффициентам запаса заключается в том, что этот метод не дает возможности оценить надежность и долговечность детали, эффективно сопоставить результаты расчета с наблюдениями за появлением усталостных трещин в условиях эксплуатации.

Второй подход — статистический, или вероятностный. При вероятностных методах расчета нагрузка и прочность представляются случайными величинами, имеющими некоторые законы распределения, представленные на рис. 1, а, б. Вероятностный расчет заключается в сопоставлении этих законов распределения по определенным правилам (рис. 1, в).

Статистическое толкование коэффициентов запаса охватывает случайную природу физических свойств и геометрических параметров конструкции, а также случайный характер внешних условий [6].

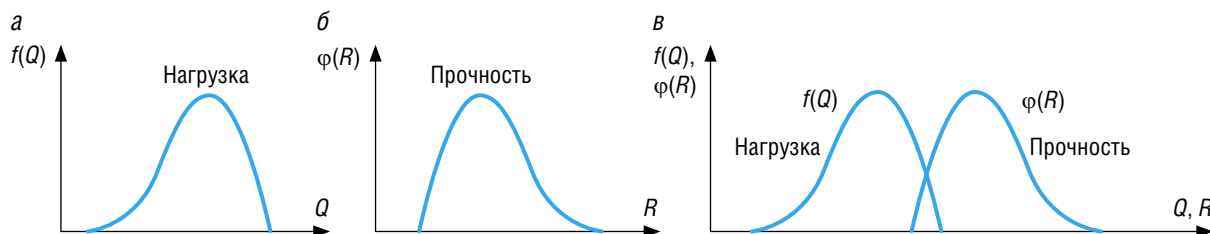


Рис. 1. Кривые распределения нагрузки и прочности

Новые задачи опираются уже на нахождение вероятностных характеристик поведения проектируемой конструкции по входным параметрам, также имеющим случайный характер [7, 8].

В работе [9] обоснована другая стратегия расчета: расчет надежности конструкции в целом, как это принято в настоящее время, предлагается заменить расчетом надежности составляющих ее деталей. После первого этапа разработки новой конструкции, когда спроектированы, изготовлены и испытаны первые образцы, проверено функционирование рабочих органов и детально выявлены нагрузки, обрабатывается надежность ее деталей.

При такой стратегии обеспечение прочностной надежности каждой конкретной детали должно проходить в два последовательных этапа.

Первый осуществляется в процессе разработки конструкции опытных образцов путем оценки прочностной надежности общепринятым методом определения запасов прочности с помощью известных детерминированных расчетов прочности.

Второй должен состоять из вероятностного расчета прочности детали при наличии полной и достоверной информации о случайных величинах действующих на нее нагрузок и величине сопротивления этим нагрузкам конкретного материала данной детали. При этом в вероятностных расчетах должны учитываться не справочные данные по детерминированным значениям механических характеристик использованной марки стали, а фактические характеристики материала детали на различных ее участках, так как прочность

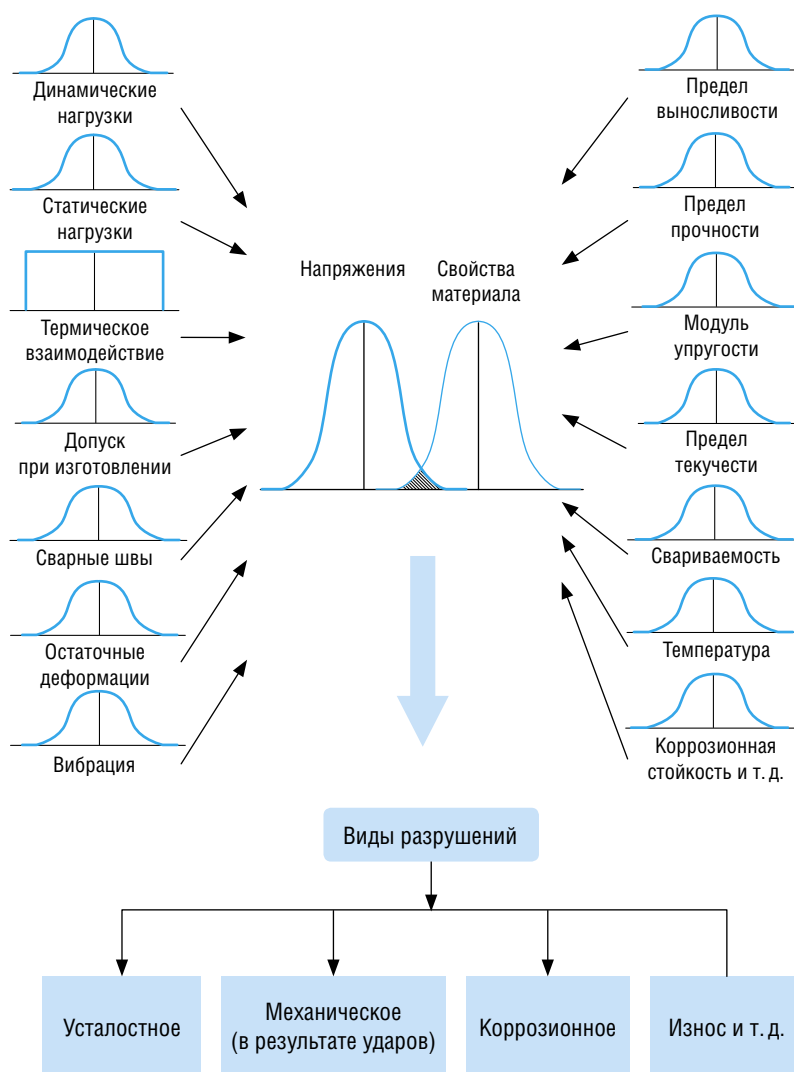


Рис. 2. Структура вероятностного подхода к расчету конструкции

металла оценивается вектором (совокупностью) его механических характеристик, являющихся случайными величинами.

На рис. 2 представлена структурная схема вероятностного подхода к расчету конструкции. Слева показаны исходные данные, имеющие некоторые статистические рас-

пределения. Справа проиллюстрированы различные способности структуры. В центре показан процесс, полученный в результате наложения всех этих факторов, также в статистическом виде. В результате выявлена некоторая вероятность разрушения конструкции, которая является случайной величиной.

В результате расчета вероятностными методами получают функцию распределения ресурса детали, характеризующую связь между ресурсом и вероятностью разрушения. Расчетная функция распределения ресурса может быть сопоставлена с соответствующей эмпирической функцией распределения, полученной путем статистической обработки данных об отказах в эксплуатации.

Совпадение в статистическом смысле указанных двух функций позволяет апробировать применяемые методы расчета и исходные данные и тем самым обосновать мероприятия по повышению надежности и долговечности конструкций и величины принятых коэффициентов запаса прочности.

Современные методы преодолевают недостатки приближений, объединяя статистические методы с исследованием конечных элементов. Программное обеспечение (как, например, вероятностная система расчета ANSYS) дает более ясную картину работы изделия, надежности и прочности в реальных условиях, более близко описывает функционирование изделия. Вероятностная система расчета позволяет описать изменчивость исходных данных несколькими различными статистическими распределениями.

Общая последовательность действий подобна традиционным методам расчета: строится модель, определяются граничные условия, прикладываются нагрузки, анализируется и интерпретируется результат.

Вероятностные методы позволяют выявить дополнительные резервы несущей способности деталей и факторы, оказывающие наиболее сильное влияние на надежность и долговечность машин. Возникает возможность разработать эффективные конструктивно-технологические мероприятия по существенному повышению ресурса и надежности при одновременном снижении металлоемкости конструкций.

Таким образом, дальнейшие пути совершенствования процесса разработки и оценки машин (механизмов, конструкций, отдельных деталей и их элементов) на прочность и надежность заключаются в более интенсивном применении вероятностных методов расчета, а также в их интеграции с общепринятыми детерминистическими методами в единую комплексную модель, реализуемую при помощи перспективных специализированных программ инженерного анализа и численного моделирования. **ИТ**

Список литературы

1. Серенсен С. В., Когаев В. П., Шнейдерович Р. М. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность. М. : Машиностроение, 1975. С. 488.
2. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем. М. : Мир, 1980. 604 с.
3. Kossov V. S., Volokhov G. M., Ovechnikov M. N., Oganyan E. S., Lunin A. A. Methods to justify the strength and life time of railway transport objects // International Journal of Civil Engineering and Tecnology. 2018. № 9 (13). P. 1098–1104.
4. Бельский А. О., Смольянинов А. В. Научно-технические резервы повышения срока службы боковых рам двухосных трехэлементных тележек грузовых вагонов // Транспорт Урала. 2020. № 4 (67). С. 45–49. ISSN 1815–9400.
5. Когаев В. П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. М. : Машиностроение, 1977. 232 с.
6. Haugen E. B. Statistical methods for structural reliability analysis // 10th National symposium on reliability and quality control: conference proceedings. 1964. P. 97–121.
7. Краснощекоев Ю. В. Вероятностные основы расчета конструкций. Palmarium academic publishing, 2014. 244 с. ISBN 9783639776034.
8. Когаев В. П., Лебединский С. Г. Вероятностная модель процесса развития усталостной трещины // Машиноведение. 1984. № 4. С. 78–83.
9. Якушев А. В. Прогнозирование усталостного ресурса литых деталей тележки грузового вагона : дис. ... канд. тех. наук : 05.22.07. Екатеринбург, 2007. 164 с.

References

1. Serensen S. V., Kogaev V. P., Schneiderovich R. M. Bearing capacity and calculations of machine parts for strength. M. : Mechanical Engineering, 1975. P. 488.
2. Kapur K., Lamberson L. Reliability and system design. M. : Mir, 1980. 604 p.
3. Kossov V. S., Volokhov G. M., Ovechnikov M. N., Oganyan E. S., Lunin A. A. Methods to justify the strength and life time of railway transport objects // International Journal of Civil Engineering and Tecnology. 2018. № 9 (13). P. 1098–1104.
4. Belsky A. O., Smolyaninov A. V. Scientific and technical reserves for increasing the service life of side frames of two-axle three-element bogies of freight cars // Transport of the Urals. 2020. No. 4 (67). P. 45–49. ISSN 1815–9400.
5. Kogaev V. P. Calculations for strength under stresses, variables in time. Moscow : Mashinostroenie, 1977. 232 p.
6. Haugen E. B. Statistical methods for structural reliability analysis // 10th National symposium on reliability and quality control: conference proceedings. 1964. P. 97–121.
7. Krasnoshchekov Yu. V. Probabilistic foundations of design calculation. Palmarium academic publishing, 2014. 244 p. ISBN 9783639776034.
8. Kogaev V. P., Lebedinsky S. G. Probabilistic model of the fatigue crack development process // Mashinovedenie. 1984. No. 4. P. 78–83.
9. Yakushev A. V. Forecasting the fatigue life of cast parts of a freight car trolley: dis. ... Candidate of Technical Sciences : 05.22.07. Yekaterinburg, 2007. 164 p.



Сергей Александрович
Чудинов

Sergey A. Chudinov



Николай Васильевич
Ладейщиков

Nikolay V. Ladeischikov

Укрепление грунтов портландцементом с добавлением комплексной добавки, продлевающей строительный период

Strengthening of soils with Portland cement containing a complex additive that prolongs the construction period

Аннотация

Укрепление грунтов является актуальной темой в строительстве автомобильных дорог в лесной зоне. Укрепление местных грунтов портландцементом с различными стабилизирующими добавками позволит получить материал с высокой прочностью, обладающий водо-, морозо- и трещиностойкостью. Для лесовозных автомобильных дорог обеспечение требуемых качественных показателей дороги в течение всего срока службы является необходимым условием для бесперебойного функционирования лесозаготовительной отрасли.

Ключевые слова: укрепление грунтов, лесовозная дорога, цементогрунтовые слои, стабилизирующая добавка, пластичность, трещиностойкость, комплексное связующее, лигносульфонаты.

Abstract

Soil strengthening is an urgent topic in the construction of highways in the forest zone. Strengthening of local soils with Portland cement with various stabilizing additives will make it possible to obtain a material with high strength, having water, frost and crack resistance. For logging highways, ensuring the required quality indicators of the road during the entire service life is a prerequisite for smooth functioning of the logging industry.

Keywords: strengthening of soils, logging road, cement-ground layers, stabilizing additive, plasticity, crack resistance, complex binder, lignosulfonates.

Авторы Authors

Сергей Александрович Чудинов, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой транспорта и дорожного строительства Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ), Екатеринбург | Николай Васильевич Ладейщиков, аспирант Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ), Екатеринбург

Sergey A. Chudinov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Transport and Road Construction of Ural State Forestry University (USFU), Yekaterinburg | Nikolay V. Ladeischikov, Post-graduate student of Ural State Forestry University (USFU), Yekaterinburg

Заготовка леса напрямую зависит от существующей и функционирующей транспортной сети, которая должна равномерно покрывать (охватывать) безграничные лесные просторы нашей страны.

Большинство лесовозных дорог находится непосредственно в лесу (в малопроезжих местах с развитой структурой многочисленных водных преград, таких как ручьи, болота, водоемы и т.д.), являясь временными сезонными дорогами.

Временные дороги бывают летнего и зимнего действия (зимники). Так как большинство лесов малопроезжимо для колесной техники (рис. 1), то 80 % вывозки древесины производится по зимникам. В связи с этим в нашей стране практически отсутствует транспортная сеть временных лесовозных дорог летнего действия, что не позволяет эффективно противостоять летним лесным пожарам, которые уничтожают лес, а нет леса — нет смысла строить туда дороги, и круг замыкается.

Строительством лесовозных дорог летнего действия и освоением лесов занимаются на протяжении многих лет тысячи организаций, участки освоения отодвигаются все дальше и дальше от крупных мегаполисов и в настоящее время уже расположены в малопроезжих и удаленных местах. Таким образом лесовозная транспортная сеть все время увеличивается (удлиняется). Основная доля строящихся лесовозных дорог приходится на местности, где леса уже освоены (т.е. леса уже нет), и лишь малая доля строится для освоения новых лесных массивов. Со стороны это выглядит так: сколько бы дорог ни строилось — этого все равно будет недостаточно для полного и равномерного охвата всех лесов в нашей стране.

В связи с летними климатическими особенностями, различным рельефом местности и водными преградами затруднительно, а часто экономически не выгодно завозить ка-



Рис. 1. Летний лесотранспортный путь

менные, зернистые материалы для строительства временных лесовозных дорог летнего действия.

В нашей стране все чаще для строительства лесных дорог лесохозяйственного назначения используют местный грунт путем его укрепления минеральными вяжущими, самым распространенным из которых является портландцемент. Укрепление происходит методом смешения местного грунта, вяжущего и различных модифицирующих добавок на месте производства (строительства дороги) специализированным потоком, состоящим из дорожно-строительной техники, выполняющей операции в заданной технологической последовательности.

В целом технология укрепления дорог лесохозяйственного назначения представляет собой следующую последовательность операций:

1. Снятие растительного слоя.
2. Устройство водоотводных канав.
3. Уплотнение естественного основания.
4. Строительство насыпи лесовозной дороги из местного почвогрунта, возможно методом «из канав» [1]. Суть данного метода заключается в следующем: для строительства лесовозной дороги (ветки) применяется материал из боковых канав; ресурсосбережение основано на использовании всего одной машины для устройства земляного

полотна — экскаватора (разработка, выравнивание, уплотнение).

5. Строительство слоя покрытия (укрепление верхнего слоя насыпи) производится в следующей последовательности:

- по уплотненной поверхности распределяется слой вяжущего с внесенными в него добавками;
- перемешивание местного грунта (верхнего слоя расчетной толщины) и вяжущего с одновременным распределением по пути;
- увлажнение грунта-цемента (поливочной машиной);
- повторное перемешивание увлажненного грунта и вяжущего;
- предварительное выравнивание поверхности (автогрейдером);
- подкатка (предварительное уплотнение катками до 10 т);
- формирование поперечного профиля дороги (автогрейдером) с поперечными уклонами (водоотводом);
- окончательное уплотнение тяжелыми катками до 15 т.

Важной единицей дорожно-строительного потока является ресайклер — дорожная техника, предназначенная для перемешивания местного грунта с вяжущим и его дальнейшего равномерного распределения (рис. 2).



Рис. 2. Этап перемешивания грунта и слоя вяжущего

Существующая действительность такова, что импортные машины и оборудование более качественно перемешивают и укладывают полученный грунт.

Для строительства лесовозной дороги предпочтительнее и экономичнее использовать прицепные ресайклеры.

То же самое необходимо использовать и для лесовозных дорог, которые отличаются от лесохозяйственных большей грузонапряженностью и интенсивностью движения, поэтому их покрытия должны иметь более высокие технические характеристики. Для этого нужно увеличивать глубину разрыхления (захвата) местного грунта и долю вяжущего (портландцемента).

Таким образом, верхний слой лесовозной дороги представляет собой грунтобетон (цементогрунт) — материал, получаемый полусухим способом из связных грунтов (глин, суглинков, супесей и т.д.), минеральных вяжущих, воды и различных добавок.

Отличие от обычного бетона заключается в том, что в бетоне в качестве заполнителя используются органические материалы крупной или мелкой фракции (щебень, песок), а в грунтобетоне — различный грунт (глина, суглинки, супеси и т.д.). Поэтому у грунтобетонов и бетонов

много общих свойств, включая недостатки, одним из которых является недостаточная долговечность изготовленных цементных растворов (в нашем случае грунтобетонов).

После того как в цемент добавляется вода, происходит химическая реакция с образованием кристаллогидратов (гидратация цемента). В процессе гидратации жидкий или пластичный цементный клей превращается в цементный камень. Зная скорость гидратации цемента, можно вычислить скорость и продолжительность работы специализированного потока дорожно-строительной техники и в итоге — длину захватки (шаг строительства лесовозной дороги) — это порядка 1,0–1,5 часа при температуре +20 °С укладки бездобавочного грунтобетона (без различных модифицирующих добавок).

Одной из актуальных задач при строительстве лесовозной дороги является прогнозирование и увеличение продолжительности укладываемости грунтобетонов, т.е. увеличение шага строительства (увеличение продолжительности гидратации) при обеспечении всех требуемых свойств полученной поверхности, что в то же время благоприятно скажется на общей стоимости строительства.

Для получения достаточно высоких физико-механических свойств материала из глинистых грунтов всег-

да требуется повышенный расход минерального вяжущего, а для лесовозных дорог тем более. Высокая стоимость вяжущего (портландцемента) сдерживает область применения грунтобетонов, поэтому постоянно ведется поиск эффективных стабилизаторов, позволяющих снизить расход портландцемента для обеспечения достаточно высоких физико-механических показателей укрепленного материала.

Эффективными пластифицирующими добавками к цементным системам являются материалы, полученные путем окислительной деструкции лигниновых отходов сульфитного производства целлюлозы — лигносульфонаты.

Лигнин (от лат. *lignum* — «дерево») — природный ароматический полимер, входящий в состав древесины. Растительная ткань древесины состоит в основном из целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина. Лигнин является столь же эффективным сырьем, как и нефть, но в отличие от нее является возобновляемым ресурсом.

Лигносульфонат — это продукт переработки растительного древесного сырья на целлюлозно-бумажном комбинате. Так называются соли лигносульфоновых кислот, природные водорастворимые сульфопроизводные лигнина. Лигносульфонаты имеют высокую поверхностную активность, что позволяет использовать их в качестве анионных поверхностно-активных веществ в различных областях промышленности, в том числе и в дорожном строительстве. В то же время лигносульфонаты — многотоннажные отходы органической природы, которые создают экологические проблемы на планете.

Во многих работах доказана эффективность применения в бетоне лигносульфонатов (ЛСТ) и комплексных добавок на их основе. Использование таких добавок позволяет за счет снижения водопотребности бетонной смеси экономить до 20 % цемента, к тому же ЛСТ — это добавка-замедлитель [2].

Сложность использования добавки из лигносульфонатов заключается в постоянном контроле дозировок и свойств укладываемой смеси, так как доля ЛСТ составляет менее 4 % от доли цемента.

В работе [3] доказано, что одним из главнейших факторов повышения морозостойкости бетона (в нашем случае — грунтобетона) является введение в бетонную смесь поверхностно активных веществ, обладающих пластифицирующими и воздухововлекающими свойствами, в частности высокоэффективных и сравнительно дешевых пластификаторов на основе модифицированных технических лигносульфонатов.

Модификация — это преобразование, видоизменение чего-либо с приобретением новых свойств.

Установлено, что добавки лигносульфонатного пластификатора-модулятора (ЛПМ) по увеличению подвижности бетонной смеси и сохранению подвижности во времени значительно превосходят пластификатор ЛСТ и практически не уступают суперпластификатору С-3 [3].

На основании полученных данных можно сделать вывод, что бетоны с модифицированными лигносульфонатами ЛПМ, твердевшие как в нормальных условиях, так и при тепловой обработке, превосходят по морозостойкости бетоны с другими добавками [3]. Морозостойкость бетонов с пластификаторами ЛПМ увеличивается в 2–4 раза по сравнению с бездобавочным бетоном. **ИТ**

Список литературы

1. Ковалева Н. В. Обоснование ресурсосберегающих технологических решений при строительстве лесных дорог : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. Петрозаводск, 2016.
2. Зайцев П. А. Цементные бетоны с добавкой гранулированного пластификатора пролонгированного действия : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. Белгород, 2008.
3. Трошкина Е. А. Структура и долговечность бетона на основе шлакопортландцемента с модифицированными лигносульфонатами : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. Воронеж, 2008.

References

1. Kovaleva N. V. Justification of resource-saving technological solutions in the construction of forest roads : abstract. diss. for the degree of Candidate of Technical Sciences. Petrozavodsk, 2016.
2. Zaitsev P. A. Cement concretes with the addition of a granular plasticizer of prolonged action : abstract. diss. for the degree of Candidate of Technical Sciences. Belgorod, 2008.
3. Troshkina E. A. Structure and durability of concrete based on slag-portland cement with modified lignosulfonates : abstract. dis. for the degree of Candidate of Technical Sciences. Voronezh, 2008.



Иван Викторович
Ерохин

Ivan V. Erokhin



Елена Алексеевна
Скораева

Elena A. Skorayeva

Аспекты менеджмента, определяющие устойчивое качество железнодорожного транспорта

The management aspects determining sustainable quality of railway transport

Аннотация

В статье представлены материалы, определяющие аспекты менеджмента и современные технологии в области производства железнодорожной техники. Спектр тем докладов, обсуждаемых на конференции предприятий — производителей железнодорожной техники, посвященной Всемирному дню качества, повышает внимание к развитию отраслевого менеджмента. Рассмотренные вопросы предлагают решения повышения качества продукции для потребностей ОАО «РЖД» в современных условиях, а также указывают на необходимость разработки единого стандарта качества отечественной железнодорожной промышленности. Обозначены современные технологии, применяемые на заводе «Уральские локомотивы», демонстрирующие требования к качеству для производителей железнодорожной техники и их поставщиков.

Ключевые слова: отраслевой менеджмент, качество железнодорожной техники, управление цепями поставок, передовые технологии.

Abstract

The article presents materials defining aspects of management and modern technologies in the field of production of railway equipment. The range of topics of reports discussed at the conference of railway equipment manufacturers dedicated to the World Quality Day increases attention to the development of industry management. The considered issues offer solutions to improve the quality of products for the needs of JSC “Russian Railways” in modern conditions, and also indicate the need to develop a unified quality standard for the domestic railway industry. The modern technologies applied at the “Ural Locomotives” plant are indicated, demonstrating the quality requirements for manufacturers of railway equipment and their suppliers.

Keywords: industry management, quality of railway equipment, supply chain management, advanced technologies.

Авторы Authors

Иван Викторович Ерохин, руководитель департамента управления качеством ООО «Уральские локомотивы», Верхняя Пышма | Елена Алексеевна Скораева, канд. пед. наук, помощник проректора по учебной работе и связям с производством Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Ivan V. Erokhin, Head of Quality Management Department of “Ural Locomotives”, LLC, Verkhnyaya Pyshma | Elena A. Skorayeva, Candidate of Pedagogical Sciences, Assistant to the Vice-Rector for Academic Affairs and Production Relations of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg



Конференция, посвященная Всемирному дню качества, на предприятии «Уральские локомотивы»

Определение направлений движения к совершенствованию качества

Для железнодорожного транспорта приоритетной задачей всегда было повышение качества и надежности производимой техники и применяемых технологий, обеспечение безопасности железнодорожного транспорта. Но для достижения выдвинутых задач холдинга «Российские железные дороги» (далее — РЖД) и производителей железнодорожной техники необходимо не только применение современных прогрессивных технологий. Интеграция разноаспектных методов решения вопросов производства и функционирования железнодорожного транспорта при использовании системного менеджмента создает синергию технологического наращивания заданного результата качества.

Анализируя материалы стратегических документов ОАО «РЖД» и прогрессивных отраслевых стандартов [1–5], можно сделать вывод, что вопросы менеджмента бизнес-процессов железнодорожного производства становятся первостепенными для организации высокотехнологичного производства. Результаты исследований [6–8] показывают, что подходы отраслевого менеджмента направлены на выстраивание единой платформы управления бизнес-процессами предприятий и отрасли в целом: системный уровень решений, технический аудит, автоматизация технологических процессов, определение финансового результата, управление персоналом, сохранение экологии. Так, между-

народный стандарт железнодорожной отрасли ISO/TS 22163–2017 (IRIS), вобравший в себя лучшие практики менеджмента, стал признанной моделью устойчивого качества для российских и европейских железнодорожных компаний [5].

Требования названного стандарта, такие как управление бизнес-целями, менеджмент бизнеса, управление поставщиками, управление жизненным циклом продукции, менеджмент морального износа, анализ требований потребителя и другие, предполагают усиление требований при проектировании, производстве и техническом обслуживании железнодорожной техники и инфраструктуры. Выполнение требований качества является единовременным условием для всей цепи поставок, создающей устойчивое качество конечного продукта [5].

В связи с вышесказанным в ноябре на производственной площадке «Уральских локомотивов» состоялась конференция участников и партнеров ассоциации «Объединение производителей железнодорожной техники» (ОПЖТ), посвященная Всемирному дню качества. Тема качества рассматривается на предприятиях железнодорожной промышленности как условие развития отрасли и повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции для ОАО «РЖД».

В обсуждении вопросов достижения устойчивого взаимодействия с поставщиками и партнерами холдинга приняли участие президент ОПЖТ Валентин Гапанович, заместитель генерального директора — главный инженер ОАО «РЖД» Анатолий Храмцов, генеральный директор ООО «Уральские локомотивы» Олег Спаи,

а также топ-менеджеры флагманского предприятия. В конференции были представлены более 230 компаний — производителей и поставщиков железнодорожной техники, руководители подразделений ОАО «РЖД» и отраслевых институтов.

На конференции активно обсуждались вопросы трансформации современных технологий для создания безопасной железнодорожной техники. В настоящее время проблемы управления и менеджмента предприятий железнодорожной отрасли переосмысливаются в связи с внешними политическими событиями и давлением извне, что создает риски негативного воздействия на производство российской техники и технологии, включая железнодорожный транспорт.

К области изменений отраслевого менеджмента следует отнести трансформацию действующих требований систем менеджмента, основанных на международных и европейских стандартах, с переработкой под интересы отечественного железнодорожного транспорта и особенности технологий российских производителей железнодорожной техники. Стоит вопрос о сокращении и даже отказе от внешнего аудита международных экспертов как методе защиты интересов национального железнодорожного бизнеса.

В докладах конференции был представлен опыт компании «Уральские локомотивы», демонстрирующий интеграцию производственных технологий и позиций менеджмента бизнес-процессов. Передовые технологии, реализуемые на заводе, формируют тренды для предприятий-поставщиков и единую модель управления качеством и цепями поставок.

Технологии повышения качества сварочного производства

Сварка в производстве крупных конструкций железнодорожной техники, таких как кузов, отдельные элементы подвижного состава, является одной из наиболее массовых и объемных технологических операций. Данный процесс вынесен методикой менеджмента в особую категорию — «специальные процессы», когда неопределенность результата сварочного процесса требует дополнительной верификации качества изделия [5].

Условия производственного сварочного процесса и выполнение комплекса требований международного стандарта EN 15085 позволили компании «Уральские локомотивы» первыми в России сертифицировать сварочные процессы изделий из алюминия и стали при производстве электропоездов и электровозов. В 2022 г. производители локомотивов получили сертификат соответствия требованиям отечественного стандарта ГОСТ EN 15085 «Железнодорожный транспорт. Сварка железнодорожных транспортных средств и их элементов».

Достижение уровня международных и национальных стандартов качества обусловлено модернизацией технологий и адекватной подготовкой сварщиков, а также применением управленческих решений и созданием сквозной системы контроля качества сварки методами от визуального до рентгенографического.

Ускорить и повысить эффективность контроля качества сварочных работ позволил инновационный оптико-цифровой комплекс, пришедший на смену обычному визуальному контролю, что способствовало улучшению качества сварочных работ. Оборудование включает в себя инвертированную оптическую установку и специальное программное обеспечение, заменившее для дефектоскопистов метод визуального осмотра при помощи лупы. Встроенная видеочка с максимальным 240-кратным увеличением дает возможность без воздействия человеческого фактора оценивать параметры сварных швов: геометрию, структуру, зоны термического влияния, глубину провара. В автоматическом режиме компьютерная программа комплекса формирует протокол и экспертное заключение, что позволяет проследить эволюцию процессов сварки, а также легко провести измерения в критических точках.

Новый контрольный комплекс интегрирован в корпоративную информационную систему предприятия, доступен всем специалистам для проверки качества, а также для последующего анализа выявленных недочетов. Оптико-цифровой комплекс позволяет оптимизировать и автоматизировать проверку действий роботизированных сварочных комплексов, используется как контроллер при аттестации заводских сварщиков.

Ось качества — в «цифре»

Еще одним направлением работы по улучшению системы менеджмента бизнеса стало внедрение системы цифровой идентификации продукции. Так, в блоке производственных цехов появилось новое уникальное оборудование по контролю качества осей.

Оси колесных пар — ответственная деталь подвижного состава, воспринимающая на себя через буксовые подшипники вес локомотива или вагона и затем передающая его через колеса рельсам. При большой массе поезда и высокой скорости нагрузка на оси многократно возрастает, поэтому к ним предъявляются повышенные требования в части прочности и устойчивости к внешним воздействиям.

Установка магнитопорошковой дефектоскопии «Магнископ-О» была создана специально под заказ для «Уральских локомотивов» и в первую очередь решает задачу проверки деталей скоростных электропоездов.

Установка дополнила парк контрольного оборудования в связи с пуском на заводе второй линии по из-



Участники конференции на предприятии «Уральские локомотивы»

готовлению осей. Контрольный комплекс оснащен видеокамерой и манипуляторами. Протокол с результатами исследований формируется автоматически на электронных системах-носителях для анализа контроля колесной оси. Внедрение нового оборудования позволяет полностью автоматизировать процесс неразрушающего контроля и исключить влияние человеческого фактора. Пропускная способность нового комплекса в четыре раза выше, чем при ручном контроле, — на нем можно провести исследование 70 осей за одну рабочую смену. «Магнископ-0» значительно упростил и облегчил работу специалистов. Теперь загрузка оси в комплекс и ее выгрузка занимает меньше минуты. Чувствительная камера замечает те дефекты, которые человеческий глаз может упустить, и на составление протокола время тратить не нужно.

Цифровой паспорт — паспорт доверия

В настоящее время предприятия — производители железнодорожной техники и их поставщики получили доступ к автоматизированной системе цифровой идентификации железнодорожной техники и комплектующих деталей «Электронный инспектор». Система разработана ассоциацией «ОПЖТ» совместно с Инспекторским центром «Приемка вагонов и комплектующих» (ИЦПВК) и Центром технического аудита (ЦТА) ОАО «РЖД».

«Электронный инспектор» позволяет создавать цифровой паспорт на изделие и подписывать его с помо-

щью электронной подписи в единой базе, функционалом которой пользуются все участники перевозочного процесса. С помощью системы ее пользователи и государственные регулирующие органы могут отслеживать в электронном виде весь жизненный цикл отдельных деталей подвижного состава, сверять номера сертификатов и иную информацию.

Создание единой системы на отечественной программной базе началось в 2020 г. Применение усиленных квалифицированных электронных подписей позволяет использовать данные системы при юридически значимом электронном документообороте. «Уральские локомотивы» внедрили технологию в пилотном режиме для двух наиболее важных для безопасности движения изделий: оси и колесной пары электропоезда «Ласточка». Специалисты предприятия теперь могут подписывать в «Электронном инспекторе» не только паспорта на изделия, но и сопроводительные документы, которые в дальнейшем заверяет ЦТА РЖД.

Электронная система заменяет бумажный документооборот, повышает оперативность и доступность данных о выпускаемом заводом подвижном составе. Подключение предприятия к «Электронному инспектору» с целью подтверждения качества выпускаемой продукции является ответом на выполнение требований стандарта ISO/TS 22163–2017 (IRIS) в части управления документацией. В планах управления качеством предприятия — распространить действие проекта на серийные узлы и детали всех производств завода и на все виды продукции, в том числе на те, которые только предстоит выпустить.

Стратегия риск-ориентированного мышления

Сегодня холдинг «РЖД» применяет лучшие отечественные и европейские практики по организации и управлению бизнесом, придерживаясь и развивая стратегию *риск-ориентированного мышления* среди руководящих работников компании. Суть такой стратегии заключается в проведении анализа ситуации, разработке соответствующего комплекса превентивных и стабилизационных мер для предупреждающих и адекватных действий по реагированию на потенциальные угрозы железнодорожного производства.

Корпоративная система управления рисками и сформированная в ее рамках аналитическая база позволят обеспечить подготовку востребованных управленческих решений для достижения высокого уровня безопасности на железнодорожном транспорте, а также возможность более гибкой адаптации холдинга «РЖД» в условиях быстро меняющейся конъюнктуры транспортного и товарного рынков. Кроме того, управление бизнес-рисками обеспечит сохранение доверия со стороны частного капитала и международных инвесторов при реализации совместных проектов, а также позволит в долгосрочной перспективе сохранить высокий кредитный рейтинг холдинга «РЖД» [4].

На предприятии «Уральские локомотивы» принцип контроля качества применяется не только в рамках самого завода, но и на всех площадках партнеров — поставщиков комплектующих, а их более 160 по всей России. Единые стандарты управления качеством продукции пронизывают всю систему комплектаторов, включая субпоставщиков. Философия завода по работе с поставщиками заключается в единых подходах к интеграции систем менеджмента, определяющих устойчивые позиции «Уральских локомотивов» в области качества и бизнеса. Для поддержания уровня надежности и постоянного улучшения производимых комплектующих

электровозов и электропоездов предприятие стимулирует производителей комплектующих проходить сертификацию на соответствие требованиям необходимых стандартов качества.

Принципы и инструменты менеджмента качества определяют характер взаимоотношений с поставщиками завода «Уральские локомотивы», которые выстраивают адекватную систему управления поставщиками через «линейку» показателей качества комплектующих деталей и условий их изготовления.

Выводы

На основе анализа результатов работы конференции можно выделить следующие аспекты, позволяющие обеспечить устойчивое качество железнодорожного транспорта:

- 1) построение на предприятиях сети систем менеджмента, создающих «рамку» управления технологическими процессами;
- 2) определение показателей измерения качества железнодорожной продукции с привязкой к финансовой эффективности и экономическим показателям;
- 3) совершенствование условий разнородных испытаний железнодорожной техники;
- 4) создание электронных систем и баз данных показателей качества;
- 5) повышение уровня взаимодействия с поставщиками и партнерами, а также в отношении удовлетворенности потребителей.

Обсуждение вопросов достижения качества железнодорожной техники и представление опыта флагманского завода в рамках конференции выступает трансляцией передовых подходов и технологий как ответ на вызовы сегодняшнего времени. Совершенствование системы качества — еще одна возможность минимизировать риски, а значит, повысить безопасность железнодорожных перевозок. **ИТ**

Список литературы

1. Стратегия развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года. URL: <https://ar2016.rzd.ru/ru/strategy/development-strategy-2030>.
2. Концепция реализации комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога». URL: https://www.zinref.ru/000_uchebniki/04600_raznie_2/173_cifrovaya_zheleznaya_doroga/000.htm.
3. Стратегия обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса в холдинге «РЖД»: утв. распоряжением от 8.12.2015 № 2855р. URL: <https://cssrzd.ru/orders/2855.docx>.
4. Распоряжение ОАО «РЖД» от 26.07.2012 г. № 1494-р «Об утверждении функциональной стратегии управления рисками в холдинге «РЖД». URL: <http://base.garant.ru/70531620>.

References

1. Development strategy of the Russian Railways Holding for the period up to 2030. URL: <https://ar2016.rzd.ru/ru/strategy/development-strategy-2030>.
2. The concept of the implementation of the integrated scientific and technical project «Digital Railway». URL: https://www.zinref.ru/000_uchebniki/04600_raznie_2/173_cifrovaya_zheleznaya_doroga/000.htm.
3. Strategy for ensuring guaranteed safety and reliability of the transportation process in the Russian Railways Holding: approved by Order No. 2855r dated 8.12.2015. URL: <https://cssrzd.ru/orders/2855.docx>.
4. Order of JSC «Russian Railways» dated 26.07.2012 No. 1494-r «On approval of the functional risk management Strategy in the holding «Russian Railways». URL: <http://base.garant.ru/70531620>.

5. Международный стандарт ISO/TS 22163–2017. Железные дороги. Система менеджмента качества. Требования к системам менеджмента бизнеса для предприятий железнодорожной отрасли: ISO 9001:2015 и частные требования, применимые в железнодорожной отрасли / UNIFE Европейская ассоциация производителей железнодорожной техники. 2017. 72 с. URL: <https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=6315500>
 6. Скоряева Е. А., Гундырев К. В., Ходневич Е. С. Автоматизированная система управления проектированием устройств СЦБ при выполнении требований международного стандарта железнодорожной промышленности ISO/TS 22163–2017(IRIS) // Инновационный транспорт. 2019. № 2 (32). С. 38–41. ISSN 2311–164X.
 7. Мезин И. Ю., Гун И. Г., Лазарев А. С., Ушаков М. Ю., Стеблянок В. Л., Федосеев С. А. Современные подходы к управлению качеством продукции для железнодорожной отрасли // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. 2017. Т. 15. № 3. С. 54–61. ISSN 1995–2732. URL: <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-3-54-61>.
 8. Козлова Г. Г. Особенности управления качеством продукции, изготавливаемой для нужд железнодорожного транспорта // Инжиниринг и технологии. 2020. Т. 5. № 1. С. 21–23. eISSN 2587–7704.
5. International standard ISO/TS 22163–2017. Railways. Quality management system. Requirements for business management systems for railway industry enterprises: ISO 9001:2015 and specific requirements applicable in the railway industry / UNIFE European Association of Railway Equipment Manufacturers. 2017. 72 p. URL: <https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=6315500>
 6. Skoraeva E. A., Gundyrev K. V., Khodnevich E. S. Automated control system for the design of SCB devices when meeting the requirements of the international standard of the railway industry ISO/TS 22163–2017(IRIS) // Innotrans. 2019. No. 2 (32). P. 38–41. ISSN 2311–164X.
 7. Mezin I. Yu., Gun I. G., Lazarev A. S., Ushakov M. Yu., Steblyanko V. L., Fedoseev S. A. Modern approaches to product quality management for the railway industry // Bulletin of the Magnitogorsk State Technical University named after G. I. Nosov. 2017. Vol. 15. No. 3. P. 54–61. ISSN 1995–2732. URL: <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-3-54-61>
 8. Kozlova G. G. Features of quality management of products manufactured for the needs of railway transport // Engineering and technology. 2020. Vol. 5. No. 1. P. 21–23. eISSN 2587–7704.

Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

УДК 621.314.6:621.311.44

DOI:10.20291/2311-164X-2022-4-58-64



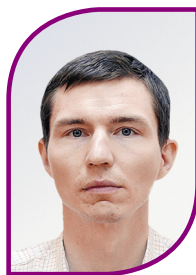
**Анатолий Семенович
Низов**

Anatoly S. Nizov



**Андрей Николаевич
Штин**

Andrey N. Shtin



**Константин Геннадьевич
Шумаков**

Konstantin G. Shumakov



**Дмитрий Валентинович
Лесников**

Dmitry V. Lesnikov

Режимы работы полупроводникового вольтодобавочного устройства для регулирования напряжения на тяговых подстанциях

Operation modes of a semiconductor voltage-boosting device for voltage regulation at traction substations

Авторы Authors

Анатолий Семенович Низов, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: anizov34@gmail.com | **Андрей Николаевич Штин**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: AShteen@usurt.ru | **Константин Геннадьевич Шумаков**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: KShumakov@usurt.ru | **Дмитрий Валентинович Лесников**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: Dmlesnikov@yandex.ru

Anatoly S. Nizov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Power Supply of Transport" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: anizov34@gmail.com | **Andrey N. Shtin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of "Transport Power Supply" Department of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: AShteen@usurt.ru | **Konstantin G. Shumakov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of "Transport Power Supply" Department of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: KShumakov@usurt.ru | **Dmitry V. Lesnikov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of "Transport Power Supply" Department of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: Dmlesnikov@yandex.ru

Аннотация

Одним из путей усиления системы электроснабжения постоянного тока магистральных железных дорог России является применение полупроводниковых вольтодобавочных устройств для регулирования напряжения на тяговых подстанциях. В статье рассмотрена работа диодного и последовательно включенного с ним тиристорного мостовых выпрямителей. Анализ выполнен при условии, что активные и реактивные сопротивления питающей сети и преобразовательного трансформатора равны нулю. Выяснено, что в зависимости от величины угла регулирования такой преобразователь может иметь два режима работы. Для этих режимов построены временные диаграммы выпрямленных напряжений как тиристорного моста, так и всего преобразователя. Получены выражения для определения средних значений выпрямленных напряжений 12-пульсового диодного выпрямителя последовательного типа и последовательно включенного с ним 12-пульсового тиристорного выпрямителя параллельного типа. Выполнен расчет регулировочной характеристики данного регулируемого преобразователя.

Ключевые слова: система электроснабжения постоянного тока, усиление системы тягового электро-снабжения, тяговые подстанции, тиристорные вольтодобавочные устройства, выпрямительный мост, двенадцатипульсовая схема выпрямления последовательного типа, регулируемый выпрямитель параллельного типа, шунтирующий диод, угол регулирования, временные диаграммы, выпрямленное напряжение, регулировочная характеристика.

Abstract

One of the ways to strengthen the DC power supply system of the main railways of Russia is the use of semiconductor voltage-boosting devices for voltage regulation at traction substations. The work of diode and thyristor bridge rectifiers connected in series with it is considered in the article. The analysis is performed under the condition that active and reactive resistances of the supply network and the converter transformer are zero. It was found out that, depending on the magnitude of the control angle, such a converter can have two modes of operation. For these modes, time diagrams of the rectified voltages of both the thyristor bridge and the entire converter are constructed. Expressions are obtained for determining the average values of the rectified voltages of a 12-pulse diode rectifier of a serial type and a 12-pulse thyristor rectifier of a parallel type connected in series with it. The calculation of the adjustment characteristics of this adjustable converter is performed.

Keywords: DC power supply system, traction power supply system reinforcement, traction substations, thyristor voltage-boosting devices, rectifier bridge, twelve-pulse serial type rectifier circuit, parallel type adjustable rectifier, shunt diode, control angle, time diagrams, rectified voltage, adjustment characteristic.

В настоящее время многие участки магистральных железных дорог Российской Федерации, электрифицированных на постоянном токе, требуют усиления [1]. Одним из путей решения этой задачи является установка на тяговых подстанциях полупроводниковых вольтодобавочных устройств (ВДУ) производства компании «НИИЭФА-Энерго» [2]. Около 20 таких устройств в последние годы было установлено только на Свердловской железной дороге [3].

Рассмотрим схему и работу ВДУ в составе преобразовательного агрегата на тяговой подстанции постоянного тока.

Описание процессов, происходящих в регулируемых выпрямителях, будем проводить при следующих допущениях:

- 1) активные и реактивные сопротивления питающей сети и преобразовательного трансформатора равны нулю;
- 2) число витков вторичных обмоток, соединенных в «треугольник», ровно в $\sqrt{3}$ раз больше числа витков соответствующих вторичных обмоток, соединенных в «звезду»;

3) сопротивления диодов и тиристоров в открытом состоянии равны нулю, а в закрытом — бесконечности.

Фазы первичных обмоток обозначены в работе прописными буквами, фазы вторичных — строчными.

Нерегулируемой части преобразователя соответствуют величины без штрихов, а регулируемой — со штрихами.

Диапазоном регулирования d будем называть величину, определяемую по следующему выражению:

$$d = \frac{U'_d}{U_d}, \quad (1)$$

где U'_d — среднее значение выпрямленного напряжения холостого хода (ХХ) ВДУ; U_d — среднее значение выпрямленного напряжения ХХ нерегулируемого выпрямителя.

Принципиальная схема рассматриваемого регулируемого преобразователя изображена на рис. 1. Он состоит из двух выпрямителей — нерегулируемого на диодах и регулируемого на тиристорах с шунтирующими диодами (ВДУ).

Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

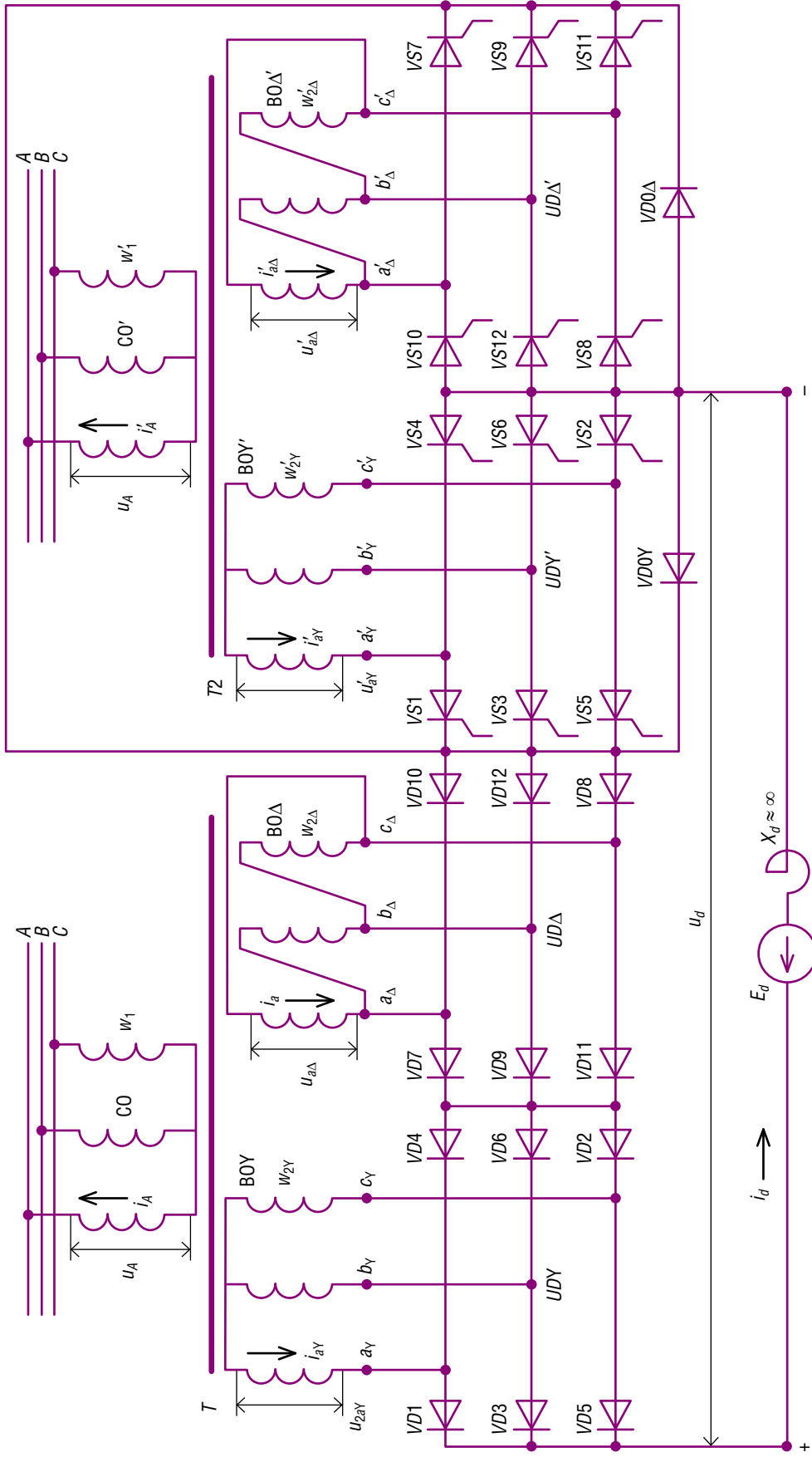


Рис. 1. Принципиальная схема 12-пульсового выпрямителя с 12-пульсовым ВДУ

Первый — 12-пульсовый нерегулируемый выпрямитель последовательного типа — содержит преобразовательный трансформатор Т и два последовательно соединенных диодных моста UDY и UDΔ. Трансформатор имеет одну сетевую (СО) и две вентильные обмотки, соединенные в «звезду» (BOY) и «треугольник» (BOΔ). Общий катод моста UDY является «плюсом», общий анод моста UDΔ — «минусом» для внешней цепи (рис. 1).

Второй — 12-пульсовый регулируемый выпрямитель параллельного типа — также содержит преобразовательный трансформатор Т' и два параллельно соединенных тиристорных моста UDY' и UDΔ'. Схема соединения обмоток трансформатора Т' аналогична схеме Т. Но величины фазных напряжений BOY' и BOΔ' трансформатора Т' составляют 2·d (1) от соответствующих напряжений BOY и BOΔ трансформатора Т. Благодаря этому диапазон регулирования выпрямленного напряжения равняется d. Параллельно каждому тиристорному мосту включаются шунтирующие диоды VD OY и VD OΔ, которые вступают в работу, когда угол регулирования α > 60°. Также они проводят тяговый ток при сбое в системе управления или когда импульсы с тиристоров оперативно снимаются. Общие катоды мостов UDY' и UDΔ' являются «плюсом», а их общие аноды — «минусом» для внешней цепи (рис. 1).

Выбор 12-пульсовой схемы выпрямления параллельного типа для ВДУ объясняется тем, что в этой схеме напряжения мостов в 2 раза больше, а ток — в 2 раза меньше, чем в схеме последовательного типа. Поэтому при малых напряжениях и больших токах на выходе такие схемы предпочтительнее. В данной схеме также отсутствует уравнивающий реактор, роль которого играют индуктивности питающей сети и трансформатора Т'.

Соединение нерегулируемой и регулируемой частей схемы осуществляется следующим образом. Общие катоды мостов UDY' и UDΔ' подключаются к общему аноду моста UDΔ. Общий катод моста UDY является «плюсом», а общие аноды мостов UDY' и UDΔ' — «минусом» для внешней цепи.

В соответствии с рис. 1 можно записать, что суммарное выпрямленное напряжение всего регулируемого преобразователя будет равно

$$u_{d\Sigma} = u_{dY} + u_{d\Delta} + \frac{u'_{dY} + u'_{d\Delta}}{2}, \quad (2)$$

где u_{dY} , $u_{d\Delta}$ — выпрямленные напряжения соответственно мостов UDY и UDΔ нерегулируемого выпрямителя; u'_{dY} , $u'_{d\Delta}$ — выпрямленные напряжения соответственно мостов UDY' и UDΔ' регулируемого выпрямителя.

Теорию работы и формы выпрямленного напряжения рассматриваемого преобразователя (рис. 1) при различных углах регулирования опишем на примере мостов UDY и UDY'. После этого обобщим полу-

ченные результаты на весь 12-пульсовый регулируемый выпрямитель.

При угле регулирования α = 0 (угол регулирования отсчитывается от точки естественной коммутации тиристоров) тиристоры ВДУ работают как диоды. Поэтому напряжение моста UDY' максимальное и равняется [4]

$$u'_{dY} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot U'_{Y\Delta}, \quad (3)$$

где $U'_{Y\Delta}$ — линейное напряжение BOY'.

В соответствии с (2) и (3) для всего регулируемого выпрямителя получим

$$u_{d\Sigma(\alpha=0)} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot \left(U_{Y\Delta} + U_{\Delta\Delta} + \frac{U'_{Y\Delta} + U'_{\Delta\Delta}}{2} \right), \quad (4)$$

где $U_{Y\Delta}$, $U_{\Delta\Delta}$, $U'_{\Delta\Delta}$ — линейные напряжения соответственно BOY, BOΔ, BOΔ'.

Так как в регулируемом преобразователе неуправляемая часть собрана по последовательной, а регулируемая — по параллельной схеме 12-пульсового выпрямителя, то можно записать:

$$\frac{U'_{\Delta\Delta}}{U_{\Delta\Delta}} = 2 \cdot d. \quad (5)$$

Тогда с учетом принятых допущений выражение (4) будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} u_{d\Sigma(\alpha=0)} &= \frac{6\sqrt{2}}{\pi} \cdot U_{Y\Delta} \cdot (1+d) = \\ &= \frac{6\sqrt{6}}{\pi} \cdot U_{Y\Phi} \cdot (1+d) = U_d \cdot (1+d), \end{aligned} \quad (6)$$

где $U_{Y\Phi}$ — фазное напряжение BOY; U_d — напряжение 12-пульсового нерегулируемого выпрямителя.

Рассмотрим работу мостов UDY и UDY' при $0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{3}$, которую будем называть **Режимом 1**.

На рис. 2 приведены диаграммы работы мостов UDY и UDY' при α = π/6. (Здесь и далее диаграммы построены для d = 0,25).

Рассмотрим работу мостов на интервале времени τ₂–τ₃, т.е. тогда, когда наибольшим линейным напряжением BOY является u_{ac} .

До момента τ₂ в мосте UDY' работают тиристоры VS1 и VS6 (рис. 1), следовательно, его выпрямленное напряжение (рис. 2, а) формируется линейным напряжением u'_{Yab} :

$$u'_{dY} = u'_{Yab}. \quad (7)$$

Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

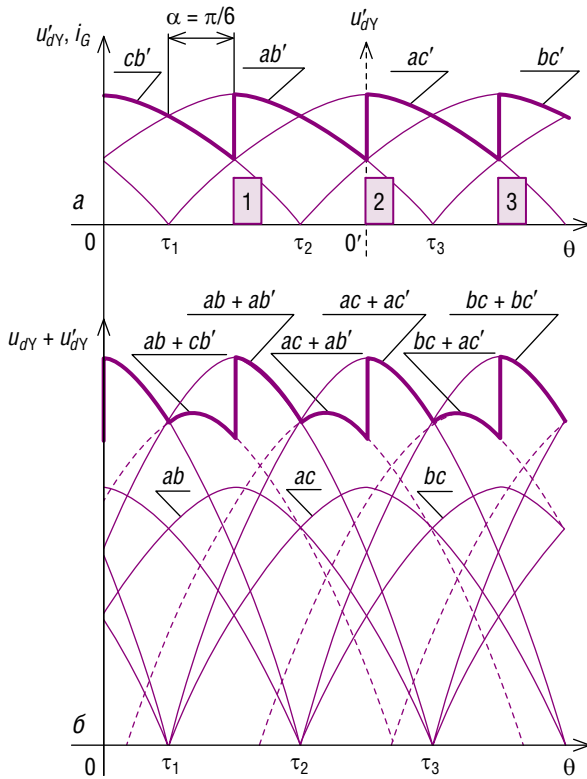


Рис. 2. Диаграммы выпрямленного напряжения моста и тока управления тиристора моста UDY' (а), а также суммарного выпрямленного напряжения мостов UDY и UDY' при $\alpha = \pi/6$ (б)

В момент τ_2 импульс управления на тиристор VS2 не подается — продолжают работать VS1 и VS6. Выпрямленное напряжение моста UDY' определяется (7). Поэтому, пока тиристор VS2 не открыт, суммарное выпрямленное напряжение мостов UDY и UDY' (рис. 2, б) будет равно

$$u_{dY} + u'_{dY} = u_{Yac} + u'_{Yab}. \quad (8)$$

Этому напряжению соответствует синусоида, показанная на рис. 2, б пунктирной линией.

В момент $\tau_2 + \alpha$ импульс управления открывает тиристор VS2. В мосте UDY' работают тиристоры VS1 и VS2 (рис. 1). Поэтому до момента τ_3 напряжение моста UDY' и суммарное выпрямленное напряжение мостов будут, соответственно, равны

$$u'_{dY} = u'_{Yac}; \quad u_{dY} + u'_{dY} = u_{Yac} + u'_{Yac}. \quad (9)$$

Найдем среднее значение напряжения моста UDY' при $0 \leq \alpha \leq \pi/3$. Для этого проинтегрируем кривую выпрямленного напряжения на интервале, когда оно формируется линейным напряжением u'_{Yac} (рис. 2, а). Для упрощения перенесем ось ординат в т. O'. В этом случае выражение для определения среднего значения напряжения моста UDY' будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} U'_{dY(0 \leq \alpha \leq \pi/3)} &= \frac{1}{\pi/3} \int_{\alpha-\pi/6}^{\alpha+\pi/6} \sqrt{2} \cdot U'_{YЛ} \cdot \cos \theta d\theta = \\ &= \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot U'_{YЛ} \cdot \cos \alpha. \end{aligned} \quad (10)$$

Тогда, в соответствии с (2), (5) и (10), для всего регулируемого преобразователя получим

$$\begin{aligned} U_{d\Sigma(0 \leq \alpha \leq \pi/3)} &= \\ &= \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot \left(U_{YЛ} + U_{\Delta} + \frac{U'_{YЛ} \cdot \cos \alpha + U'_{\DeltaЛ} \cdot \cos \alpha}{2} \right) = \\ &= \frac{6\sqrt{2}}{\pi} \cdot U_{YЛ} \cdot (1 + d \cdot \cos \alpha) = \\ &= \frac{6\sqrt{6}}{\pi} \cdot U_{YФ} \cdot (1 + d \cdot \cos \alpha) = U_d \cdot (1 + d \cdot \cos \alpha). \end{aligned} \quad (11)$$

Теперь рассмотрим работу мостов UDY и UDY' при $\pi/3 \leq \alpha \leq 2\pi/3$, которую будем называть **Режимом 2**.

На рис. 3 приведены диаграммы работы мостов UDY и UDY' при $\alpha = 5\pi/12$.

Так же как и в предыдущем случае, работу мостов будем описывать на интервале времени $\tau_2 - \tau_3$, когда наибольшим линейным напряжением BOY является u_{ac} .

При таком угле регулирования в мосте UDY' до момента τ_2 работают тиристоры VS5 и VS6 (рис. 1), следовательно, его выпрямленное напряжение (рис. 2, а) определяется линейным напряжением u'_{cb} :

$$u'_{dY} = u'_{Ycb} \quad (12)$$

В момент τ_2 напряжение u'_{Ycb} становится равным нулю (рис. 2, а), и тиристор VS5 закрывается. Так как импульс управления на тиристор VS1 не подан, то по тиристорам моста UDY' ток прекращается. В этот момент в работу вступает шунтирующий диод VD OY (рис. 1), по которому замыкается ток нагрузки. При этом напряжение моста UDY' (рис. 2, а) становится равным нулю, а суммарное выпрямленное напряжение мостов UDY и UDY' (рис. 2, б) — напряжению моста UDY:

$$u'_{dY} = 0; \quad u_{dY} + u'_{dY} = u_{Yac}. \quad (13)$$

В момент $(\tau_2 + \alpha - \pi/3)$ на управляющие электроды VS1 и VS6 подаются импульсы (рис. 2, а), и в мосте UDY' начинают работать тиристоры VS1 и VS6 (рис. 1). Следовательно, до момента τ_3 напряжение моста UDY' (рис. 2, а) будет определяться выражением (7), а суммарное выпрямленное напряжение мостов UDY и UDY' (рис. 2, б) — выражением (8).

Определим среднее значение напряжения моста UDY' при $\frac{\pi}{3} \leq \alpha \leq \frac{2\pi}{3}$. Для этого проинтегрируем кривую выпрямленного напряжения на интервале, когда оно формируется линейным напряжением u'_{Yac} (рис. 2, а). Для упрощения перенесем ось ординат в т. O' . В этом случае выражение для определения среднего значения напряжения моста UDY' будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned}
 U'_{dY(\frac{\pi}{3} \leq \alpha \leq \frac{2\pi}{3})} &= \frac{1}{\pi/3} \int_{\alpha-\pi/6}^{\pi/2} \sqrt{2} \cdot U'_{YЛ} \cdot \cos\theta d\theta = \\
 &= \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot U'_{YЛ} \cdot \left[1 - \sin\left(\alpha - \frac{\pi}{6}\right) \right]. \quad (14)
 \end{aligned}$$

Тогда, в соответствии с (2), (5) и (14), для всего регулируемого выпрямителя получим

$$\begin{aligned}
 U_{d\Sigma(\frac{\pi}{3} \leq \alpha \leq \frac{2\pi}{3})} &= \\
 &= \frac{6\sqrt{2}}{\pi} \cdot U_{YЛ} \cdot \left(1 + d \cdot \left[1 - \sin\left(\alpha - \frac{\pi}{6}\right) \right] \right) = \\
 &= \frac{6\sqrt{6}}{\pi} \cdot U_{YФ} \cdot \left(1 + d \cdot \left[1 - \sin\left(\alpha - \frac{\pi}{6}\right) \right] \right) = \\
 &= U_d \cdot \left(1 + d \cdot \left[1 - \sin\left(\alpha - \frac{\pi}{6}\right) \right] \right). \quad (15)
 \end{aligned}$$

Очевидно, что при $\alpha = \frac{2\pi}{3}$ выпрямленное напряжение всего регулируемого преобразователя будет равно напряжению 12-пульсового нерегулируемого выпрямителя

$$U_{d\Sigma(\alpha = \frac{2\pi}{3})} = \frac{6\sqrt{2}}{\pi} \cdot U_{YЛ} = \frac{6\sqrt{6}}{\pi} \cdot U_{YФ} = U_d. \quad (16)$$

Анализ полученных выражений (6), (11), (15), (16) показывает, что соотношения (11) и (15) позволяют получить регулировочную характеристику 12-пульсового регулируемого выпрямителя (рис. 1), т.е. построить зависимость $U_{d\Sigma} = f(\alpha)$ во всем возможном диапазоне изменения угла регулирования $0 \leq \alpha \leq \frac{2\pi}{3}$.

На рис. 4 представлена такая характеристика, построенная для диапазона регулирования $d = 0,2$.

Таким образом, в статье рассмотрена принципиальная схема регулируемого преобразователя, который в настоящее время широко внедряется на тяговых подстанциях постоянного тока российских железных дорог. Он состоит из 12-пульсового диодного выпрямителя последовательного типа и 12-пульсового тиристорного выпрямителя параллельного типа с шунтирующими диодами (ВДУ). Получено, что ВДУ имеет два режима

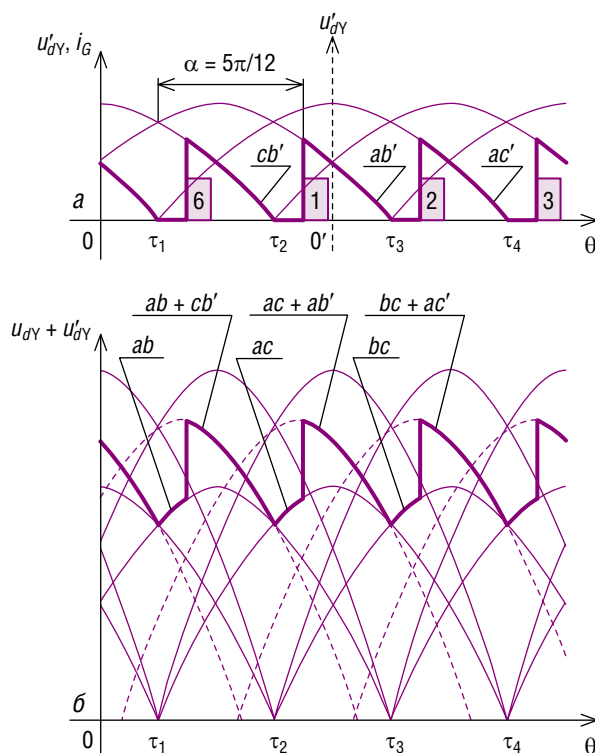


Рис. 3. Диаграммы выпрямленного напряжения моста и тока управления тиристоры моста UDY' (а), а также суммарного выпрямленного напряжения мостов UDY и UDY' при $\alpha = \frac{5\pi}{12}$ (б)

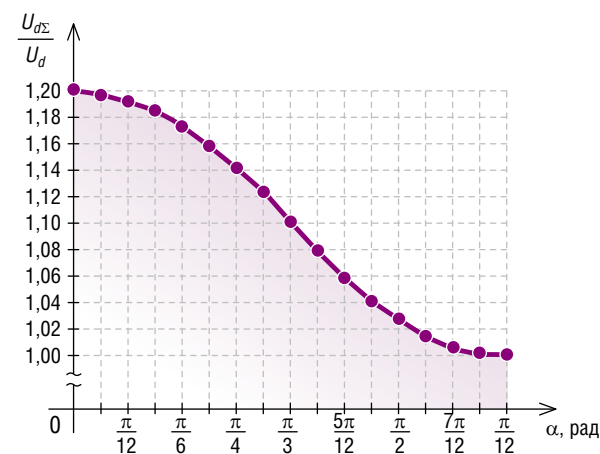


Рис. 4. Регулировочная характеристика 12-пульсового выпрямителя с 12-пульсовой тиристорной ВДУ при диапазоне регулирования $d = 0,2$

работы: при $0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{3}$, когда ток проводят только тиристоры ВДУ, и при $\frac{\pi}{3} \leq \alpha \leq \frac{2\pi}{3}$, когда вначале ток проводят шунтирующие диоды, а потом — тиристоры ВДУ. Построены диаграммы работы всего регулируемого преобразователя, и получены выражения для определения среднего значения выпрямленного напряжения при различных углах регулирования. **■**

Список литературы

1. Аржаников Б. А., Набойченко И. О. Концепция усиления системы тягового электроснабжения постоянно-го тока 3,0 кВ : монография. Екатеринбург : УрГУПС, 2015. 258 с.
2. Устройство вольтодобавочное. Каталог 216-2020-00. URL: <http://www.nfenergo.ru/content/files/catalog1/Katalog2162020.pdf>
3. Шабанов С. Ф. Энергетический комплекс Свердловской железной дороги // Евразия Вести. 2015. IX. URL: <http://eav.ru/publ1.php?page=1&publid=2015-09a08>.
4. Низов А. С., Штин А. Н. Инvertирование электрической энергии на электрифицированных железных дорогах. Ч. 1. Теория работы, характеристики и энергетические показатели зависимых инверторов : учебное пособие для вузов МПС РФ. Екатеринбург : УрГАПС, 1998. 88 с.

References

1. Arzhannikov B. A., Naboychenko I. O. The concept of strengthening the 3.0 kV DC traction power supply system : monograph. Yekaterinburg : UrGUPS, 2015. 258 p.
2. The device is a voltage booster. Catalog 216-2020-00. URL: <http://www.nfenergo.ru/content/files/catalog1/Katalog2162020.pdf>.
3. Shabanov S. F. The power complex of the Sverdlovsk railway // Eurasia News. 2015. IX. URL: <http://eav.ru/publ1.php?page=1&publid=2015-09a08>.
4. Nizov A. S., Shtin A. N. Inverting electric energy on electrified railways. Part 1. Theory of operation, characteristics and energy indicators of dependent inverters: a textbook for universities of the Ministry of Transport of the Russian Federation. Yekaterinburg : UrGAPS, 1998. 88 p.



Виталий Витальевич
Фурзиков

Vitaly V. Furzikov

Обоснование выбора скоростной характеристики двигателя карьерного автосамосвала

Justification of the choice of the speed characteristics of a dump truck engine

Аннотация

В статье рассматривается влияние горнотехнических условий эксплуатации карьерного автосамосвала на выбор скоростной характеристики двигателя для этого автомобиля. Проведен анализ режимов работы двигателей различных транспортных средств в разных условиях. Эксплуатационные режимы двигателя для карьерного автосамосвала зависят от горнотехнических условий работы автомобиля, которые могут изменяться по мере разработки карьера. Обоснование выбора скоростной характеристики двигателя карьерного автосамосвала зависит от горнотехнических условий эксплуатации.

Ключевые слова: двигатель, скоростная характеристика, карьерный автосамосвал, внутрикарьерная трасса, горнотехнические условия, эксплуатационные режимы.

Abstract

The article examines the influence of mining technical operating conditions of a dump truck on the choice of the speed characteristics of the engine for this vehicle. The analysis of the operating modes of engines of various vehicles in different conditions is carried out. The operating modes of the engine for a dump truck depend on the mining conditions of the truck operation, which may change in the course of developing the quarry. The rationale for choosing the speed characteristics of the engine of a dump truck depends on the mining conditions of operation.

Keywords: engine, speed characteristics, quarry dump truck, intra-quarry track, mining conditions, operating conditions.

Авторы Authors

Виталий Витальевич Фурзиков, начальник бюро ООО «Уральский дизель-моторный завод», Екатеринбург

Vitaly V. Furzikov, Head of the Bureau of "Ural Diesel Engine Plant", LLC, Yekaterinburg

В настоящее время основным видом технологического транспорта при добыче полезных ископаемых на глубоких карьерах является автомобильный транспорт, благодаря таким его свойствам, как мобильность, автономность и гибкость.

Основное отличие условий эксплуатации карьерного автосамосвала — это постоянно изменяющиеся горнотехнические условия открытых горных работ внутри карьера. Разработка двигателя — процесс длительный и дорогостоящий, поэтому изначально при проектировании необходимо учитывать условия его эксплуатации, как действующие, так и в дальней перспективе. А с учетом того, что горнотехнические условия карьеров очень быстро изменяются и в глубину, и на расстояние транспортирования, то задача обоснования выбора скоростной характеристики двигателя карьерного автосамосвала является актуальной.

Сложность профиля глубоких карьеров для различных видов полезных ископаемых предъявляет определенные требования к характеристикам энергетических установок карьерных автосамосвалов, в частности к параметрам двигателя. Разновидность типов съездов в глубокие карьеры и сложность их профиля требуют от энергетических установок обеспечения универсальных тягово-динамических характеристик карьерных автосамосвалов.

Режимы работы автомобильных двигателей в условиях эксплуатации соответствуют техническому назначению. На рис. 1 представлены структуры распределения режимов по частоте вращения коленчатого вала и нагрузке (с указанием относительного времени работы в процентах на каждом режиме).

Анализ работы грузового автомобиля показывает, что основную долю времени (62 %) двигатель на автомобиле работает в диапазоне частот вращения (0,48–0,67) $n_{ном}$, в то время как в зоне номинальной частоты вращения он эксплуатируется не более 2,5 % времени (продолжительность работы двигателя на режиме номинальной мощности при $n_{ном}$ не превышает 0,4 %).

Большую долю режимов с частичной нагрузкой имеют двигатели, установленные на городские автобусы. В частности, дизельный двигатель Д-245 городского автобуса работает на режиме номинальной мощности только 1,2 % времени. Основную долю режимов этого двигателя составляют режимы холостого хода (около половины), причем на режим холостого хода при минимальной частоте вращения ($n_{хх\ min} = 600$ об/мин) приходится около трети (32,2 %) всего времени работы [1].

Эксплуатационные режимы двигателя для карьерного автосамосвала зависят от горнотехнических условий работы автомобиля, которые могут изменяться по мере разработки карьера. Определение внешней скоростной характеристики двигателя карьерного автосамосвала также зависит от горнотехнических условий эксплуатации.

Эффективная мощность энергосилового устройства, необходимой для обеспечения движения автосамосвала

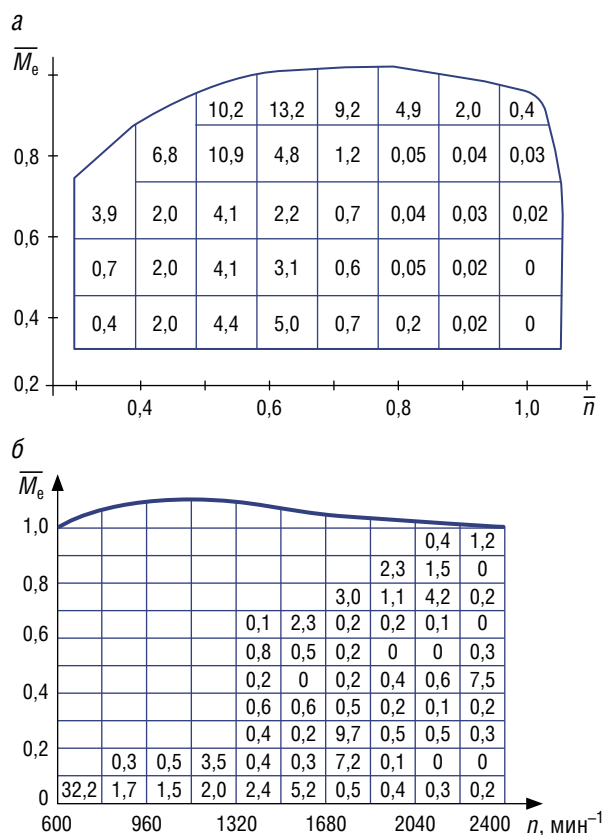


Рис. 1. Распределение эксплуатационных режимов работы дизельного двигателя: а — КамАЗ-740 грузового автомобиля в условиях городской езды; б — Д-245 городского автобуса в условиях интенсивного городского движения [1]

с заданной скоростью (v_{max}), определяется по формуле

$$N_{e_{max}} = v_{max} \left(\frac{k_b \cdot F_a \cdot v_{max}^2}{1000} + \frac{G_a \cdot \psi}{1000} \right) \cdot \frac{1}{\eta_{тр}}, \quad (1)$$

где k_b — коэффициент сопротивления воздуха (коэффициент обтекаемости автомобиля); F_a — площадь лобового сопротивления, м²; v_{max} — максимальная скорость, м/с; ψ — коэффициент сопротивления дороги, в том числе средневзвешенный уклон (i); G_a — масса автомобиля, кг; $\eta_{тр}$ — КПД трансмиссии.

Из формулы (1) видно, что мощность энергосилового устройства зависит:

1) от горнотехнических условий: ψ — коэффициент сопротивления дороги, в случае движения на подъем (спуск) учитывается средневзвешенный уклон (i), т.е. $\psi \pm i$;

2) технологических условий: v_a — скорость движения автосамосвала; G_a — масса автомобиля, включая массу перевозимого груза;

3) конструктивных параметров автосамосвала: k_b , F_a , $\eta_{тр}$.

На основании анализа горнотехнических условий эксплуатации и организации работы автосамосвалов в карьере систематизированы существующие и определены новые пути повышения эксплуатационных параметров карьерных автосамосвалов (табл. 1).

Если конструктивные параметры автосамосвала являются величинами, постоянными на всем периоде его эксплуатации, и достаточно сложно их изменить, то горнотехнические и технологические условия — величины переменные и изменяются в течение всего периода проведения открытых горных работ. Таким образом, требуемую характеристику двигателя энергоси-

ловой установки карьерного автосамосвала необходимо строить в зависимости от горнотехнических и технологических условий.

В настоящее время технология ведения горных работ предусматривает зоны эксплуатации карьерного автотранспорта (в том числе и в комбинации с другими видами транспорта), которые различаются расстоянием транспортирования и высотой подъема горной массы. Технические характеристики силовых установок необходимо выбирать не для одной конкретной трассы, а для дифференцированных по средневзвешенному уклону групп горнотехнических условий (рис. 2).

Таблица 1

Пути повышения эксплуатационных параметров карьерных автосамосвалов

Технологические	Конструктивные	Организационные
Использование автотранспорта в рациональных горнотехнических условиях	Применение комбинированных энергосиловых установок	Совершенствование нормирования расхода топлива
Совершенствование поверхности и покрытий карьерных автодорог	Снижение собственной массы автомобиля	Внедрение системы стимулирования за экономию топлива
Применение оптимальных уклонов автодорог	Использование рекуперативной энергии торможения	Обучение водителей экономичным приемам вождения
Устройство внутрикарьерных стоянок автотранспорта	Снижение удельного расхода топлива	Внедрение автоматизированной системы управления автотранспортом
Устранение влияния холодных погодных условий	Применение двигателей с оптимальными характеристиками для горнотехнических условий	Проведение систематической диагностики работы двигателя

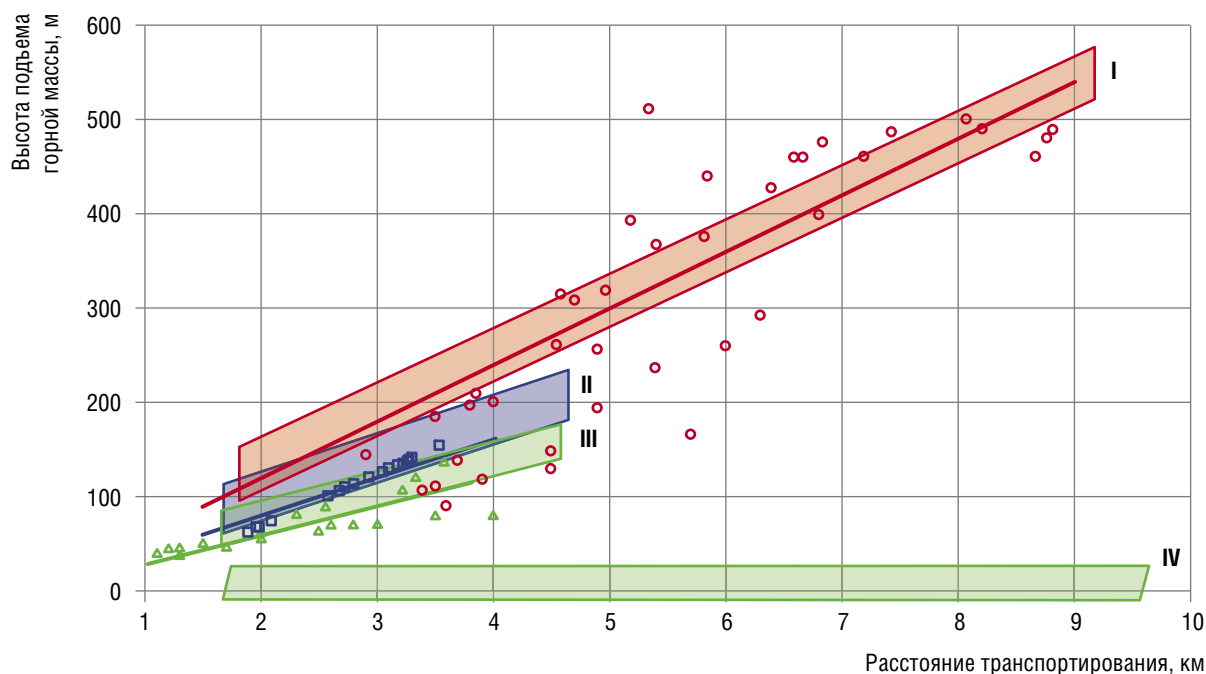


Рис. 2. Дифференциация горнотехнических условий по уклону автомобильных трасс: крутонаклонные (I), наклонные (II), слабонаклонные (III) трассы, транспортные коридоры (IV) [2, 3]

На рис. 3 показана схема карьера с указанием горизонтов по типу автомобильной внутрикарьерной трассы. Характеристики горизонтов указаны в табл. 2.

Проведен анализ результатов экспериментальной эксплуатации карьерного автосамосвала БелАЗ-75319 грузоподъемностью 240 тонн, работавшего на участке Никольский Тугнуйского разреза (Республика Бурятия). На рис. 4 представлены осциллограммы технологического цикла работы двигателя 12ДМ-185А автосамосвала на участке по вывозу вскрышной массы.

По результатам испытаний построено распределение эксплуатационных режимов работы дизельного

двигателя 12ДМ-185А (рис. 5). Анализ работы карьерного автосамосвала показал, что основную долю времени двигатель работает на режимах, близких к номинальному (32,3 %), а также на режимах холостого хода и малой мощности (до 22,9 %) при ожидании погрузки и самой погрузке.

В формуле (1) соблюдение баланса мощности при увеличении средневзвешенного уклона (i) и снижении скорости автосамосвала (частоты вращения коленчатого вала) компенсируется увеличением эффективного крутящего момента на валу, который характеризуется коэффициентом приспособляемости двигателя.

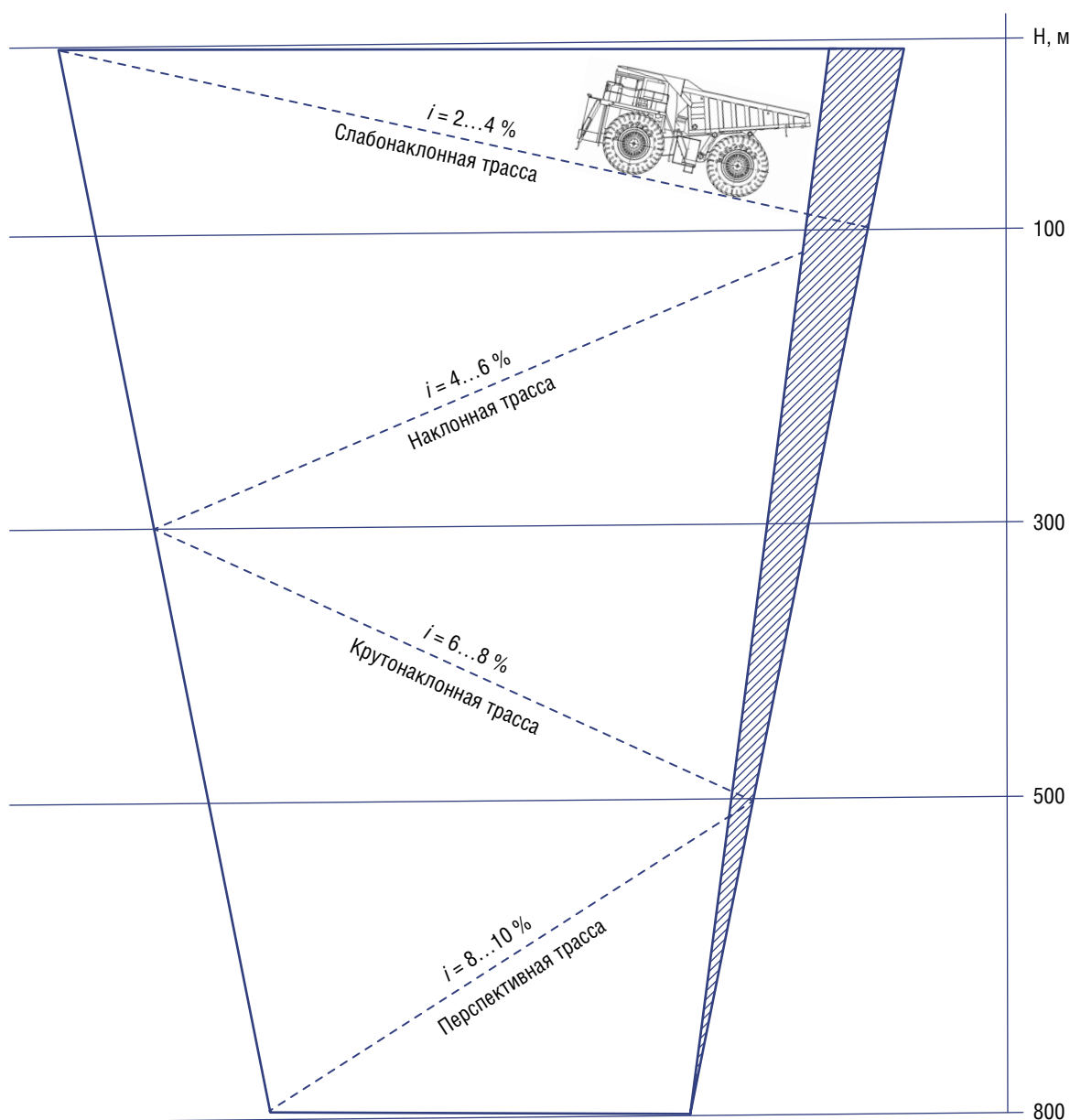


Рис. 3. Схема карьера с указанием горизонтов по типу трассы

Таблица 2

Характеристики карьеров по горизонтам автомобильных внутрикарьерных трасс

№ п/п	Типы автомобильных трасс		H , м	S , км	i , %	Вид месторождения, виды работ	Рекомендуемые основные карьеры и разрезы	Тип и грузоподъемность автотранспорта
1	Слабонаклонные		50–100	1–3	2–4	Угольные разрезы, вывоз вскрыши на начальном этапе разработки карьеров	Экибастузское каменноугольное месторождение, Тургайский и Майкюбенский буроголовый бассейны, Юбилейное месторождение бурых углей, Кузнецкий угольный бассейн, Канско-Ачинский буроголовый бассейн, Приднепровский угольный бассейн	Автосамосвалы г/п до 240 т, автопоезда, ж/д транспорт
2	Наклонные		100–300	2–5	4–6	Железорудные карьеры и карьеры цветных металлов	Железная руда: Качканарский, Соколовско-Сарбайский, Лисаковский, Качарский, Михайловский, Лебединский, Стойленский, Оленегорский, Ковдорский ГОКи. Руды цветных металлов: Гайский, Учалинские рудные карьеры, Норильский ГМК, Сорский карьер, Коунрадский, Николаевский, Зырянский, Златоуст-Беловский карьеры, Тырнаузский, Каджаранский карьеры	Автосамосвалы г/п до 130 т, троллейбусы
3	Крутонаклонные		300–500	3–10	6–8	Алмазоносные и урановые месторождения	Юбилейный, Комсомольский, Нюрбинский, Ботуобинский, Удачный	Автосамосвалы с КЭУ + ГТД, гусеничные автопоезда
4	Перспективные	Сверхглубокие	500–800	4–20	8–10	Алмазоносные и урановые месторождения	Мурумтау, Качканарский, Удачный	Перспективный автотранспорт большой грузоподъемности
		На поверхности	0	50–150	0		Межкарьерные транспортные коридоры АК «АЛРОСА» (ПАО)	Автопоезда

H — глубина карьера, м; S — расстояние транспортирования, км; i — средневзвешенный уклон, %.

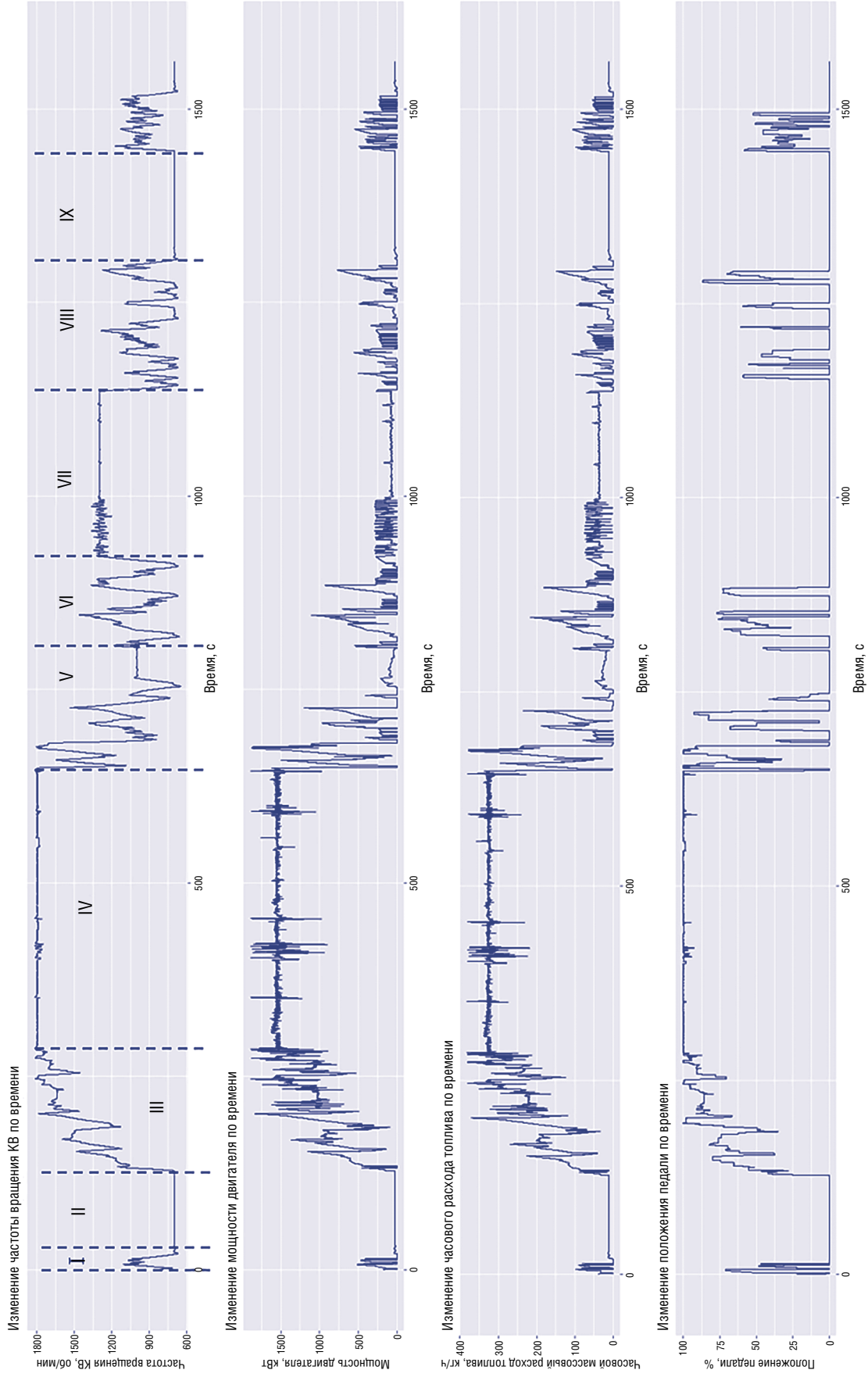


Рис. 4. Основные параметры двигателя 12DM-185A при цикле работы на участке Никольском. Этапы работы автосамосвала по технологическому циклу: I — подъезд под экскаватор; II — погрузка; III — выезд с карьера; IV — движение на подъем; V — выезд на отвал; VI — разгрузка; VII — спуск в карьер; VIII — подъезд к экскаватору; IX — ожидание погрузки

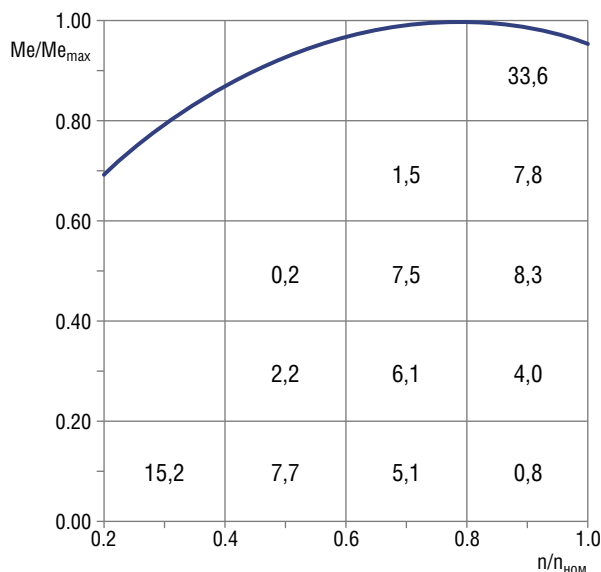


Рис. 5. Распределение эксплуатационных режимов работы дизельного двигателя 12ДМ-185А в составе карьерного автосамосвала БелАЗ-75319 (грузоподъемностью 240 т) при вывозе вскрышной массы

Таким образом, скоростная характеристика двигателя для карьерного автосамосвала напрямую зависит от горнотехнических условий эксплуатации и вида месторождения. Выбор формы этой характеристики является комплексной задачей, так как каждый эксплуатационный режим работы двигателя имеет свою специфику, отличается по своим параметрам и вносит определенный вклад в интегральные показатели топливной экономичности и токсичности отработавших газов, характеризующие весь период его эксплуатации. **ИТ**

Список литературы

1. Гайворонский А. И., Марков В. А., Илатовский Ю. В. Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях. М. : ООО «ИРЦ Газпром», 2007. 480 с.
2. Фефелов Е. В. Обоснование критерия эффективности эксплуатации силовых установок автосамосвалов на глубоких карьерах : дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2012. 139 с.
3. Тарасов П. И., Хазин М. Л., Фефелов Е. В., Фурзиков В. В. Проектирование двигателей для карьерных автосамосвалов с учетом горнотехнических условий эксплуатации // Горная промышленность. 2017. № 6. С. 60–63. ISSN 1609–9192.

References

1. Gaivoronsky A. I., Markov V. A., Ilatovsky Yu. V. The use of natural gas and other alternative fuels in diesel engines. Moscow : LLC «IRC Gazprom», 2007. 480 p.
2. Fefelov E. V. Substantiation of the criterion for the efficiency of operation of dump truck power plants in deep quarries : dis. ... candidate of Technical Sciences. Yekaterinburg, 2012. 139 p.
3. Tarasov P. I., Khazin M. L., Fefelov E. V., Furzikov V. V. Designing engines for quarry dump trucks taking into account mining technical operating conditions // Mining industry. 2017. No. 6. P. 60–63. ISSN 1609–9192.



Татьяна Андреевна
Фалалеева

Tatiana A. Falaleeva



Виталий Сергеевич
Колокольников

Vitaly S. Kolokolnikov

Аспекты взаимодействия станции и прилегающих участков при определении пропускной способности

Aspects of interaction of the station and adjacent sections in determining the throughput capacity

Аннотация

В статье рассматриваются недостатки существующих методик расчета пропускной способности, которые вызывают задержки поездов на подходах к станции. Отражены последствия изолированного расчета станций и перегонов при определении пропускной способности.

Ключевые слова: пропускная способность, рациональная увязка, станция, участок, моделирование, неравномерность движения.

Abstract

The article looks upon the shortcomings of existing methods for calculating the throughput capacity, which cause delays of trains at the approaches to the station. The consequences of the isolated calculation of stations and stretches in determining the capacity are reflected.

Keywords: throughput capacity, rational linking, station, section, modeling, uneven traffic.

Авторы Authors

Татьяна Андреевна Фалалеева, аспирант кафедры «Управление эксплуатационной работой» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: TFalaleeva@usurt.ru | Виталий Сергеевич Колокольников, д-р техн. наук, профессор кафедры «Управление эксплуатационной работой» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: VKokolnikov@usurt.ru

Tatiana A. Falaleeva, Postgraduate student of "Operations Management" Department of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: TFalaleeva@usurt.ru | Vitaly S. Kolokolnikov, Doctor of Technical Sciences, Professor of "Operations Management" Department Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: VKokolnikov@usurt.ru

Введение

Возрастающие объемы грузоперевозок требуют новых подходов в области повышения пропускной способности. Сегодня остро встает вопрос рассмотрения станций и перегонов как единой взаимосвязанной и взаимовлияющей системы. Разработка новой методики расчета пропускной способности позволит выявлять и корректировать взаимовлияние элементов и структурных параметров на работу системы.

Проблема

Между станцией и перегоном существует неразрывная связь, однако до сих пор это взаимное влияние не только не учитывалось, оно даже не выявлялось в классических методиках расчета [1, 2].

Согласно инструкции [3], наличной пропускной способностью железнодорожного участка считается максимальное число грузовых поездов (пар поездов), которое может быть пропущено по этому участку за сутки в зависимости от его технической оснащённости и принятого способа организации движения поездов. Причем результатом расчетной пропускной способности для всего участка является значение ограничивающего элемента с наименьшим значением. Однако при таком подходе не выявляются важные взаимовлияющие в системе связи.

Стохастический поток, влияние не только отдельных факторов, но и их сочетание снижают пропускную способность и не дают достоверно описать перевозочный процесс существующими методами, а различные коэффициенты неравномерности не описывают в полной мере нелинейные факторы [2, 4].

Аналитические расчеты выдают численные зависимости, но не выявляют взаимного влияния элементов друг на друга и на систему в целом. А графоаналитический метод позволяет отобразить лишь связи между элементами в момент выполнения операций и передвижений [2, 5]. Ввиду этого реальная ситуация не совпадает с расчетными данными, которые существенно завышены, все это приводит к неоправданным задержкам и потерям.

Колебания размеров движения, их несвоевременное и несогласованное поступление вызывают значительное увеличение простоев на подходе к станции, а при интенсивном движении — и на близлежащих отдельных пунктах, используя их инфраструктуру не по назначению [6].

К ограничениям пропускной способности приводит множество факторов, одним из которых является изолированный расчет пропускной способности перегонов и станций участка.

Выявить эту зависимость при расчете пропускной способности позволяет имитационное моделирование. Автоматизация расчетов путем применения имитаци-

онной системы ИСТРА [7] позволяет не только проигрывать разные вариации заданного размера вагонопотока, но и более детально описывать происходящие процессы, выявлять связи, увязывать работу полигона в единую систему.

Анализ ошибок классических методик расчета

Существующую аналитическую методику опишем на примере условной станции К, на которую равномерно прибывают транзитные поезда без переработки. Произведем расчет пропускной способности приемо-отправочного парка по формуле [8]:

$$N_n = \frac{1440 \times m}{t_{\text{тех}}}, \quad (1)$$

где 1440 — минуты в сутках (ресурс времени); m — число путей в приемо-отправочном парке; $t_{\text{тех}}$ — среднее время занятости пути одним поездом.

Рассматриваемая станция К с тремя приемо-отправочными путями за промежуток времени 300 минут со средним временем обработки составов 90 минут, которые движутся по перегону Т–К с одинаковой скоростью и поступают на станцию равномерно, может пропустить 10 поездов:

$$\frac{300 \times 3}{90} = 10 \text{ поездов.}$$

Проверив графоаналитическим методом аналитические расчеты, можно сделать вывод, что станция справляется при заданных условиях (рис. 1).

Однако при штатной ситуации и равномерном движении по перегону ритмичность поступления составов на станцию может нарушаться из-за ряда факторов [2, 9, 10]: занятости пути в конкретный момент времени, соблюдения межпоездного интервала, а также из-за того, что фактическое время занятия пути поездом может значительно отличаться от используемого в расчете среднего времени.

Добавив в наш пример возможную фактическую занятость путей приемо-отправочного парка выполнением предусмотренных технологических процессов, смоделируем перевозочный процесс рассматриваемого фрагмента.

На рис. 2 учитывается более приближенная к реальности обстановка с теми же нитками, но уже при приеме 4-го поезда возникают задержки.

После внесения корректировок времени занятия путей образовались задержки на перегоне, которые повлияли на структуру в целом, уменьшив пропускную способность перегона.

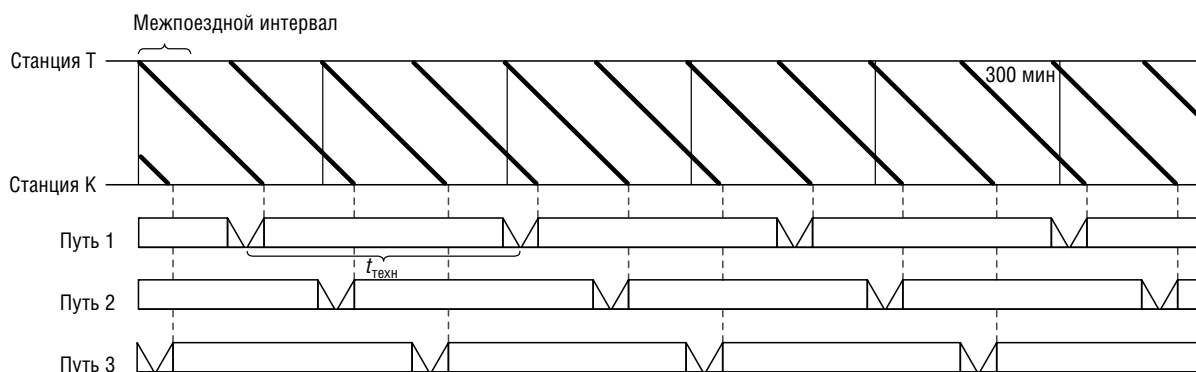


Рис. 1. Фрагмент идеализированного перевозочного процесса

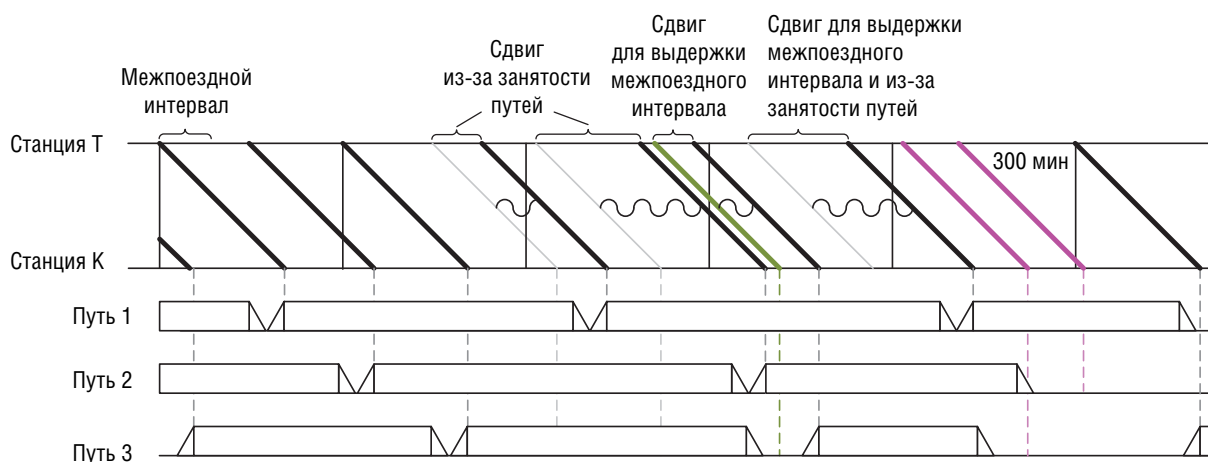


Рис. 2. Фрагмент перевозочного процесса с разным временем занятия путей

Уже на этом этапе моделирования, приближенном к реальным условиям организации перевозочного процесса, видно, что пропускная способность, рассчитанная аналитически, завышена.

Возникают сдвиги ниток графика движения поездов из-за занятости путей в конкретный момент поступления, однако в следующий промежуток времени пути станции оказываются свободными. На рис. 2 в правой части фрагмента отображен обратный случай, когда пути парка простаивают, а перегон в этот промежуток времени не поставляет поезда, т.е. инфраструктура станции не может быть задействована в полной мере.

В момент сгущения поездопотока в парке приема не хватает путей, из-за этого появляется простой поездов на подходе к станции, который вызывает задержку приема последующих поездов, а это, в свою очередь, оказывает влияние на отдельные пункты участка, с которых не могут отправиться поезда из-за занятости перегона — инфраструктура сети используется максимально [10]. Хотя по аналитическим расчетам станция с имеющейся инфраструктурой и технологией работы должна справляться с заданным размером вагонопотока.

На рис. 2 цветом нанесены возможные нитки в тот промежуток времени, когда станция могла бы принять их без задержек.

Есть еще один фактор, который влияет на пропускную способность системы «станция — участок», его также можно выявить и работать над его устранением лишь при рассмотрении элементов во взаимосвязи. Из-за несвоевременного принятия поезд обрабатывается на станции позднее. Тем самым нарушаются станционные процессы. Затем поезд отправляется не в заданное время, а значит, и на последующие отдельные пункты он будет прибывать с опозданием. Кроме того, готовый к отправлению поезд может быть не отправлен со станции в данный момент времени из-за занятости перегона, а значит, он простаивает и занимает пути, в то время как перед станцией поезд ожидает освобождения инфраструктуры [4]. Такой пример показан на рис. 3.

Из-за возможных отличий в порядке обработки поездов разных категорий на станции они могут обслуживаться в разное время, т.е. поезда отправляются со станции не в том порядке, в котором прибывают. Для отправления сформированного состава он должен дожидаться своей очереди.

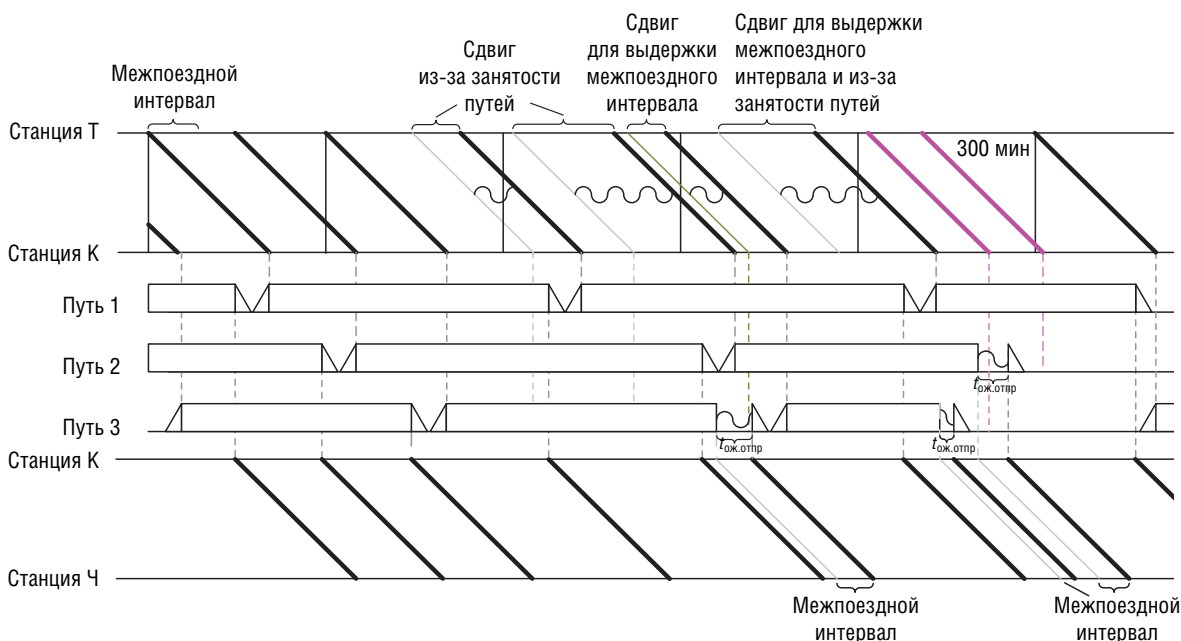


Рис. 3. Фрагмент перевозочного процесса, на котором отображено влияние взаимодействующей системы

Описанные выше зависимости заметны тем сильнее, чем больше загрузка станции, чем интенсивнее движение, тем более явно эта ситуация влияет в целом на работу участка.

Станция К фактически работает на пределе возможностей, хотя по аналитическим расчетам должна справляться с заданными размерами вагонопотоков. Это свидетельствует о неверных используемых методиках расчета, которые неспособны учесть взаимные связи между объектами участка, поскольку рассматривают их по отдельности [2, 10].

Стоит заметить, что в описанном примере поезда движутся по перегону параллельно, а практически на всех железнодорожных линиях обращаются поезда различных категорий с разными скоростями следования [1, 10], что требует разработки непараллельных графиков движения поездов.

Расчет пропускной способности участков с таким движением ведется через коэффициент съема, численно обозначающий число грузовых поездов, которое снимается одним пассажирским. При составлении такого графика нитки пассажирских поездов фиксированы — составлены согласно расписанию.

Нарушения ритмичности потока на ключевых станциях приводят к задержкам и сбоям продвижения вагонопотока на всем участке. Из-за этого падает участковая скорость, и пассажирские поезда начинают движение со скоростью не выше впередиидущего, вызывая существенные отставания от установленного расписания.

Для решения данного вопроса предлагается рассмотрение усовершенствованной методики расчета пропускной способности, которая смогла бы не только выявлять подобные факторы, но и сводить к минимуму их влияние. Это можно достичь, используя алгоритмы выбора очередности пропуска поездов за счет неких коэффициентов съема, которые позволят использовать для этого близлежащую инфраструктуру участка. В данном случае раздельный пункт будет применяться не только для обгона и скрещения поездов, но и усиливать работы участковых и сортировочных станций, подводя нитки к ним в те промежутки времени, когда станции смогут принять поезда с минимальными задержками [10].

Выводы

На сегодняшний день пропускная способность рассчитывается по инструкции и аналитическим формулам, но в них не рассматривается взаимодействие станции и участка. На модели такое взаимодействие хорошо отображается.

Применение имитационного моделирования позволит не только создать усовершенствованную систему расчета пропускной способности, но и усилить мощность станции, а также избежать траты лишних резервов или задействовать их для освоения прогнозируемых объемов.

В дальнейшем планируется формализовать особенности описанных в статье процессов с целью их аналитического исследования и разработки методик расчета и оптимизации. **ИТ**

Список литературы

1. Козлов П. А. О методах расчета систем железнодорожного транспорта // Железнодорожный транспорт. 2014. № 12. С. 28–31. ISSN 0044–4448. EDN SZIKOJ.
2. Левин Д. Ю. Пропускная и провозная способность железных дорог. М. : ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. 364 с.
3. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог: утв. ОАО «РЖД» 10.11.2010 № 128.
4. Сотников И. Б. Взаимодействие станций и участков железных дорог. М. : Транспорт, 1976. 268 с.
5. Александров А. Э. Использование моделей при расчете и оптимизации систем железнодорожного транспорта // Наука и техника транспорта. 2008. № 2. С. 54–56. ISSN 2074–9325. EDN JRHGFF.
6. Годович Л. М., Левантович Ю. И., Начученко С. Ф., Скумбин С. К., Харланович И. В. Научная организация эксплуатационной работы железных дорог. М. : Транспорт. 1976. 207 с.
7. Козлов П. А., Колокольников В. С., Пермикин В. Ю. Современные методы расчета систем железнодорожного транспорта // Механика и трибология транспортных систем (МехТрибоТранс-2016) : сборник докладов Международной научной конференции. В 2 т. Ростов-на-Дону, 08–10 ноября 2016 г. Т. 1. Ростов-на-Дону : Ростовский государственный университет путей сообщения, 2016. С. 30–36. EDN ZIMJVT.
8. Приказ Минтранса РФ от 18.07.2018 г. № 266 «Об утверждении Методики определения пропускной и провозной способностей инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования» (зарегистрировано в Минюсте РФ 09.08.2018 № 51837). URL: <https://minjust.consultant.ru/documents/40238?items=1&page=1>.
9. Александров А. Э., Шипулин А. В. Автоматизация построения прогнозного графика движения поездов // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2013. № 3 (19). С. 34–44. ISSN 2079–0392. EDN RERCMR.
10. Козлов П. А., Колокольников В. С., Тушин Н. А. О результирующей пропускной способности последовательно расположенных устройств // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2017. № 1 (33). С. 53–61. ISSN 2079–0392. DOI 10.20291/2079-0392-2017-1-53-61. EDN YIJZIF.

References

1. Kozlov P. A. On methods of calculation of railway transport systems // Railway transport. 2014. No. 12. P. 28–31. ISSN 0044–4448. EDN SZIKOJ.
2. Levin D. Yu. Throughput and carrying capacity of railways. Moscow : FGOU “Educational and Methodological Center for education in railway transport”, 2011. 364 p.
3. Instructions for calculating the available capacity of railways: approved. JSC “Russian Railways” 10.11.2010 No. 128.
4. Sotnikov I. B. Interaction of stations and sections of railways. M. : Transport, 1976. 268 p.
5. Alexandrov A. E. The use of models in the calculation and optimization of railway transport systems // Science and technology of transport. 2008. No. 2. p. 54–56. ISSN 2074–9325. EDN JRHGFF.
6. Godovich L. M., Levantovich Yu. I., Nachuchenko S. F., Skumbin S. K., Kharlanovich I. V. Scientific organization of operational work of railways. M. : Transport. 1976. 207 p.
7. Kozlov P. A., Kolokolnikov V. S., Permikin V. Yu. Modern methods of calculating railway transport systems // Mechanics and Tribology of Transport Systems (Mechtribotrans-2016) : collection of reports of the International Scientific Conference. In 2 vols. Rostov-on-Don, Rostov-on-Don, November 08–10, 2016, vol. 1. Rostov-on-Don : Rostov State University of Railway Transport, 2016. P. 30–36. EDN ZIMJVT.
8. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation No. 266 dated 18.07.2018 “On approval of the Methodology for determining the capacity and carrying capacity of the infrastructure of public railway transport” (registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 09.08.2018 No. 51837). URL: <https://minjust.consultant.ru/documents/40238?items=1&page=1>.
9. Alexandrov A. E., Shipulin A. V. Automation of the construction of a forecast train schedule // Herald of the Ural State University of Railway Transport. 2013. No. 3 (19). P. 34–44. ISSN 2079–0392. EDN RERCMR.
10. Kozlov P. A., Kolokolnikov V. S., Tushin N. A. On the resulting throughput of sequentially arranged devices // Herald of the Ural State University of Railway Transport. 2017. No. 1 (33). P. 53–61. ISSN 2079–0392. DOI 10.20291/2079-0392-2017-1-53-61. EDN YIJZIF.



**Наталья
Владимировна
Бессонова**

**Natalia V.
Bessonova**



**Алена
Игоревна
Семенова**

**Alyona I.
Semenova**



**Ирина
Михайловна
Самойлова**

**Irina M.
Samoilova**

Организация движения поездов на Большой кольцевой линии Московского метрополитена после ввода в эксплуатацию всех участков кольца

Organization of train traffic on the Bolshaya Koltsevaya Line of the Moscow Metro after commissioning of all sections of the ring

Аннотация

Рассмотрены вопросы организации движения поездов в условиях открытия новых станций на Большой кольцевой линии Московского метрополитена в 2023 году.

Ключевые слова: Московский метрополитен, Большая кольцевая линия (БКЛ), строительство станций метрополитена.

Abstract

The issues of organization of train traffic in the conditions of the opening of new stations on the Bolshaya Koltsevaya Line of the Moscow Metro in 2023 are considered.

Keywords: Moscow Metro, Bolshaya Koltsevaya Line (BCL), construction of metro stations.

Авторы Authors

Наталья Владимировна Бессонова, канд. техн. наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте» Российского университета транспорта (МИИТ), Москва; e-mail: paramonova-nv@yandex.ru | Алена Игоревна Семенова, инженер 2-й категории аналитической группы диспетчерского участка Службы движения ГУП «Московский метрополитен, Москва; e-mail: aries.melt@yandex.ru | Ирина Михайловна Самойлова, старший преподаватель кафедры «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте» Российского университета транспорта (МИИТ), Москва; e-mail: irina_samoilova05@mail.ru

Natalia V. Bessonova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of "Management of Operational Work and Safety in Transport" Department of the Russian University of Transport (MIIT), Moscow; e-mail: paramonova-nv@yandex.ru | Alyona I. Semenova, 2-nd category Engineer of the analytical group of the dispatch section of the Traffic Service of State Unitary Enterprise "Moscow Metro", Moscow; e-mail: aries.melt@yandex.ru | Irina M. SamoiloVA, Senior Lecturer of the "Management of Operational Work and Safety in Transport" Department at the Russian University of Transport (MIIT), Moscow; e-mail: irina_samoilova05@mail.ru

Строительство новых линий метрополитена направлено на снижение количества жителей города, проживающих вне зоны шаговой доступности от станций метрополитена в различных районах Москвы. В настоящее время Московский метрополитен вышел далеко за границы города.

Доля московского метро в перевозке пассажиров среди предприятий городского транспорта столицы составляет почти 60 %. Иначе говоря, больше половины жителей Москвы используют именно метро в качестве основного вида общественного транспорта.

В настоящее время Московский метрополитен насчитывает 14 линий и 250 станций (из них две временно закрыты — «Варшавская» и «Каширская»). С пуском новой Большой кольцевой линии метрополитен решит следующие задачи:

1. Южные и западные спальные районы будут связаны между собой. Если на севере и востоке Москвы, благодаря Московскому центральному кольцу (МЦК), проблем с сообщением между параллельно идущими линиями особо нет, кроме Арбатско-Покровской линии, то на юге Москвы на переходы от метрополитена до МЦК нужно затратить в среднем 10–15 минут. Сообщение между южными районами города также нарушено из-за отсутствия дорог через Битцевский парк и большого расстояния между линиями.

2. Разгрузка центральных станций радиальных линий, МЦК и Малой кольцевой линии.

3. Появление новых станций Большой кольцевой линии в шаговой доступности для жителей Нагатинского Затона, Лефортово, Хорошево-Мневников, Аминьевского шоссе, улицы Новаторов [1].

Организация движения поездов в условиях открытия новых станций на Большой кольцевой линии

В соответствии с Постановлением Правительства Москвы от 30.03.2021 г. № 382-ПП «Об утверждении государственной программы города Москвы «Развитие транспорта», предусмотрены работы по продлению действующих линий метрополитена в периферийные районы Москвы, строительству новых станций на действующих линиях и Большой кольцевой линии, строительству и реконструкции объектов электродепо [2].

К 2023 г. планируется ввести в эксплуатацию 7,2 км путей и открыть три новых станции Большой кольцевой линии: «Марьяна Роща», «Рижская», «Сокольники», тем самым соединить участки «Савеловская» — «Каховская» и «Нижегородская» — «Электrozаводская». Новые станции не будут иметь путевого развития, а будут пересадочными на одноименные станции таких линий, как Сокольническая, Калужско-Рижская и Люблинско-

Дмитровская. Со станции «Рижская» БКЛ также будет выход к Рижскому вокзалу и к станции «Рижская» МЦД-2.

С вводом новых станций временно можно будет организовать движение по объединенным участкам Некрасовской и Большой кольцевой линии от станции «Некрасовка» до станции «Каховская». Данный участок будут обслуживать два электродепо: «Руднево» (ТЧ-20) и «Замоскворецкое» (ТЧ-7) [3].

Метро станет более комфортным и доступным, а время, проведенное в пути, уменьшится. С новой схемой организации движения пассажиры розовой ветки (Некрасовская линия) и частично фиолетовой ветки (Таганско-Краснопресненская линия) смогут воспользоваться 15 пересадочными станциями БКЛ с радиальными линиями. Благодаря открытию новых станций транспортная ситуация улучшится не только в Некрасовке, но и вдоль всего восточного участка фиолетовой ветки, где проживают сотни тысяч человек.

Открытие новых станций на Большой кольцевой линии метрополитена позволит разгрузить Сокольническую, Калужско-Рижскую, Люблинско-Дмитровскую и Таганско-Краснопресненскую линии; сократить затраты времени на поездку на 10–15 минут; улучшить обслуживание существующих и новых крупных градостроительных комплексов общегородского значения, включая «Москва-Сити» и др.; снизить загрузку действующих радиальных линий метрополитена и пересадочных узлов центра.

Схема Большой кольцевой линии представлена на рис. 1.

Максимальный пассажиропоток на вновь вводимых станциях увеличится согласно табл. 1.

На участке «Некрасовка» — «Каховская» протяженностью 49,4 км при средней скорости 40 км/ч время хода составит 74 минуты 20 секунд, оборот по станции «Некрасовка» составит 2 минуты 50 секунд, оборот по станции «Каховская» — 3 минуты 20 секунд.

После ввода новых станций в эксплуатацию будет организовано виловое движение поездов по станции «Хорошевская»: от станции «Некрасовка» до станции «Каховская» и от станции «Савеловская» до станции «Деловой центр». На участке «Некрасовка» — «Савеловская» парность составит 24 п.п./ч, на участке «Хорошевская» — «Каховская» — 24 п.п./ч, на станции «Савеловская» — «Деловой центр» — 9 п.п./ч.

Количество составов определяется аналитическим способом. Для расчета необходимо знать время полного оборота состава на линии в момент отправления с начальной станции до следующего отправления с той же станции [5]:

$$T_{п.об} = t'_x + t'_{ст.об} + t''_x + t''_{ст.об}, \quad (1)$$

где t'_x — время хода поезда от начальной до конечной станции; $t'_{ст.об}$ — время оборота состава на одной конечной станции; t''_x — время хода поезда в обратном



Рис. 1. Схема Большой кольцевой линии [4]

направлении; $t''_{ст.об}$ — время оборота на второй конечной станции.

Если принять, что количество составов M , интервал между поездами Y , размеры движения N , тогда

$$M = \frac{T_{п.об}}{Y}. \quad (2)$$

Согласно формуле (2) рассчитаем количество составов, необходимых для освоения заданных размеров. Данные расчета представлены в табл. 2.

Для организации движения от «Некрасовки» до «Каховской» и от «Савеловской» до «Делового центра» по-

надобится 79 составов, учитывая, что в резерве в депо должен находиться один состав и по одному составу в каждом депо в периодическом ремонте.

На данный момент в депо «Замоскворецкое» находится 36 составов, в депо «Руднево» 20 составов. После ввода в эксплуатацию трех новых станций и замыкания участка «Некрасовка» — «Каховская» суммарное количество в обоих депо будет насчитывать 56 составов. Однако для организации размеров движения 24 п.п./ч восьмивагонных составов предоставляемого количества составов недостаточно. Для реализации планируемых перевозок необходимо еще 216 вагонов (27 составов).

Таблица 1

Загрузка вводимых в эксплуатацию новых транспортно-пересадочных узлов БКЛ в утренний час пик, тыс. чел.

Наименование станций	Посадка					Высадка					Всего				
	В том числе				Итого	В том числе				Итого	В том числе				Итого
	пешком	подъезд НПТ	пересадка метро	пересадка ж/д		пешком	подъезд НПТ	пересадка метро	пересадка ж/д		пешком	подъезд НПТ	пересадка метро	пересадка ж/д	
«Марьино-Роща»	1,9	1,3	10,0	–	13,2	3,0	2,0	9,0	–	14,0	4,9	3,3	19,0	–	27,2
«Рижская»	1,8	1,8	8,0	1,5	13,1	2,7	1,2	10,0	1,0	14,9	4,5	3,0	18,0	2,5	28,0
«Сокольническая»	2,0	1,7	11,0	–	14,7	3,0	2,6	11,0	–	16,6	5,0	4,3	22,0	–	31,3

Таблица 2

Расчет количества составов

Участок	Размеры движения, п.п./ч	$T_{п.об}$, с	Y , с	M
«Некрасовская» — «Каховская»	24	10400	150	70
«Савеловская» — «Деловой центр»	9	2290	400	6

Организация движения поездов в условиях ввода в эксплуатацию полного кольца

На данный момент сроки довольно неопределенные, тем не менее в 2023 г. Правительство Москвы планирует полностью замкнуть Большую кольцевую линию, введя в эксплуатацию 11,4 км путей и открыв шесть новых станций в составе линии: «Текстильщики», «Печатники», «Нагатинский Затон», «Кленовый бульвар», «Каширская», «Варшавская». От станции «Кленовый бульвар» до станции «Текстильщики» будет идти двухпутный тоннель, на станциях «Каширская» и «Кленовый бульвар» предполагают наличие путевого развития, а станция «Варшавская» будет соединена подъездными путями с электродепо «Замоскворецкое» (ТЧ-7) [4, 6].

С вводом новых станций и полным замыканием линии в кольцо Некрасовская линия прекращает участие в движении по Большой кольцевой линии, а необходимое количество составов для эксплуатации будет переведено из электродепо «Руднево» (ТЧ-20) в новое электродепо «Нижегородское» (ТЧ-21). В соответствии с документацией, к декабрю 2022 г. планируется завершить

реконструкцию Московского завода по модернизации и строительству вагонов имени В. Е. Войтовича в электродепо «Нижегородское», после чего будет организовано движение на полном кольце и участке «Савеловская» — «Деловой центр».

Максимальный пассажиропоток на вновь вводимых станциях вырастет согласно табл. 3.

Общая длина путей Большой кольцевой линии составит 70 км [4]. При средней скорости 40 км/ч время хода составит 86 минут 45 секунд. Поскольку линия замкнута, то оборотов по конечным станциям не производится.

Согласно формуле (2) рассчитаем количество составов, необходимых для освоения заданных размеров движения на Большой кольцевой линии. Данные расчета представлены в табл. 4.

Для организации движения по Большой кольцевой линии и от «Савеловской» до «Делового центра» понадобится 79 составов в движении (по каждому пути БКЛ необходимое количество составов 35 по одному пути + 35 по другому пути + 9 по участку «Савеловская» — «Деловой центр») и по одному составу в каждом депо в периодическом ремонте. Итого: 81 один состав на линии (79+2).

Таблица 3

Загрузка вводимых в эксплуатацию новых транспортно-пересадочных узлов БКЛ в утренний час пик, тыс. чел.

Наименование станций	Посадка					Высадка					Всего				
	В том числе				Итого	В том числе				Итого	В том числе				Итого
	пешком	подъезд НПТ	пересадка метро	пересадка ж/д		пешком	подъезд НПТ	пересадка метро	пересадка ж/д		пешком	подъезд НПТ	пересадка метро	пересадка ж/д	
«Текстильщики»	7,0		9,0	3,0	19,0	5,6		9,5	1,5	16,6	12,6		18,5	4,5	35,5
«Печатники»	4,6		8,5	–	13,1	2,8		9,0	–	11,8	7,4		17,5	–	24,9
«Каширская»	1,5	1,5	10,5	–	13,5	2,5	2,0	10,0	–	14,5	4,0	3,5	20,5	–	28,0
«Варшавская»	2,8	3,2	–	8,0	14,0	4,7	5,0	–	4,0	21,7	6,3	7,2	–	12,0	25,5

Таблица 4

Расчет количества составов для участка «Савеловская» — «Деловой центр»

Участок	Размеры движения, п.п./ч	$T_{п.об.}$, с	γ , с	M
БКЛ	24	5205	150	35
«Савеловская» — «Деловой центр»	12	2540	30	9

На данный момент в депо «Замоскворецкое» эксплуатируется 36 восьмивагонных составов. Для обеспечения заданных размеров движения требуется еще 45 восьмивагонных составов (разница между предостав-

ляемыми и необходимыми), пять из которых будут приписаны к депо «Замоскворецкое», а остальные сорок — к депо «Нижегородское». **ИТ**

Список литературы

1. Большая кольцевая линия метро // Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы. URL: <https://stroi.mos.ru/metro/metro-bkl>.
2. Постановление Правительства Москвы от 30.03.2021 г. № 382-ПП. URL: <https://docs.cntd.ru/ocument/726958616>
3. Большое кольцо метрополитена будет полностью открыто в начале 2023 года // Интернет-портал «Российской газеты». URL: <https://rg.ru/2022/12/05/linii-zhizni.html>.
4. И кольцо замкнется: какие работы осталось провести на БКЛ // Официальный портал мэра и Правительства Москвы. URL: <https://www.mos.ru/news/item/116116073>.
5. Якушин И. М. Рациональная организация пассажирских перевозок на метрополитене. М. : Стройиздат, 1965. 190 с.
6. На Большой кольцевой линии достраивают последние девять станций // Интернет-портал «Российской газеты». URL: <https://rg.ru/2022/10/04/reg-cfo/zamykaia-krug.html>.

References

1. Bolshaya koltsevaya metro line // Complex of urban planning policy and construction of the city of Moscow. URL: <https://stroi.mos.ru/metro/metro-bkl>.
2. Decree of the Government of Moscow dated 30.03.2021 No. 382-p. URL: <https://docs.cntd.ru/ocument/726958616>.
3. The Big Metro Ring will be fully opened in early 2023 // The Internet portal of Rossiyskaya Gazeta. URL: <https://rg.ru/2022/12/05/linii-zhizni.html>.
4. And the ring will close: what work remains to be done on the BCL // The official portal of the Mayor and the Government of Moscow. URL: <https://www.mos.ru/news/item/116116073>.
5. Yakushin I. M. Rational organization of passenger transportation on the subway. Moscow : Stroyizdat, 1965. 190 p.
6. The last nine stations are being completed on the Bolshaya Koltsevaya Line // Rossiyskaya Gazeta Internet portal. URL: <https://rg.ru/2022/10/04/reg-cfo/zamykaia-krug.html>.

Подписка на 2023 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 2023 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

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

Иновационный транспорт

(наименование издания)

Стои- мость	подписки	руб. ___ коп.	Количество комплектов:
	переадресовки	руб. ___ коп.	

на 2023 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 (*a, b, c, A, B, N* и пр.) – только курсивом.

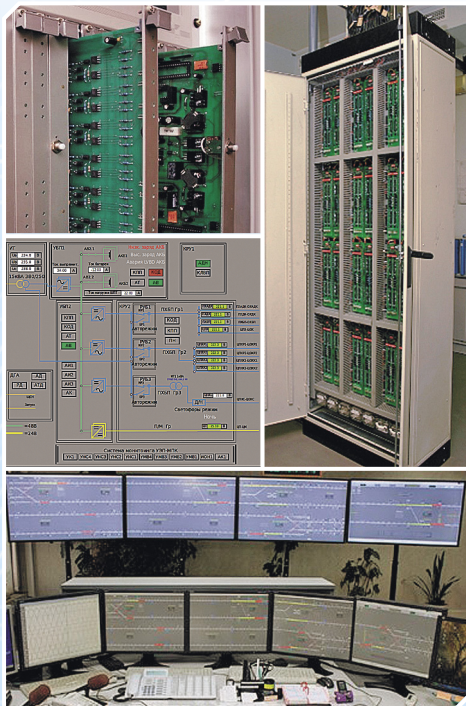
6. Рисунки и таблицы. Таблицы должны быть снабжены заголовками, а рисунки — подписями. Расположение заголовков: слово «Таблица» — в правый край таблицы; название таблицы располагается по центру над таблицей. В рисунках (диаграммах и графиках) слово «Рис.», номер и название рисунка располагаются по центру 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

