

ИННОВАЦИОННЫЙ ТРАНСПОРТ

I N N O T R A N S

№ 1 (47)

март 2023



Оптимизация маршрутной сети городского пассажирского транспорта на примере трамвайного движения города Екатеринбурга

С. 21

Перспективы развития трамвайных транспортных систем Екатеринбурга

Совершенствование железнодорожного туризма в России

Анализ технического состояния инновационных грузовых вагонов



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**

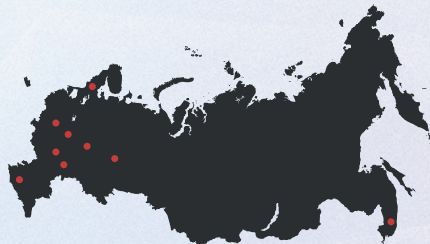
НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ:

- > 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

№ 1 (47), 2023 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 584,18 руб.

DOI: 10.20291/2311-164X

Подписано в печать 30.03.2023. Дата выхода в свет 05.05.2023

Печать офсетная. Тираж 250 экз. (1-й з-д 1–70). Заказ № 22

Фото на обложке: Bestalex (ru.wikipedia.org)

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет
путей сообщения», 2023

© Общероссийская общественная организация
«Российская академия транспорта», 2023

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

№ 1 (47), 2023

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 30.03.2023. Date of issue 05.05.2023

Offset printing. Circulation 250 copies

© FGBOU VO Ural State University of Railway Transport, 2023

© All-Russian Public Organisation “Russian Academy of Transport”, 2023

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

<i>Ветрова Т.А.</i> Пассажиро-часы как критерий принятия решений построения маршрутной транспортной сети	3
<i>Гайсин И.А.</i> Перспективы развития трамвайных транспортных систем на примере города Екатеринбурга	8
<i>Роменская М.В., Ершов А.Д., Соколов М.Ю., Арустамова А.Р.</i> Об актуальных направлениях развития железнодорожной логистики на полигоне Центрального транспортного узла	14
<i>Неволин Д.Г., Цариков А.А., Бондаренко В.Г., Склянный А.В.</i> Оптимизация маршрутной сети городского пассажирского транспорта на примере трамвайного движения города Екатеринбурга	21

Организация производства (транспорт)

<i>Каргапольцев Д.В., Калашников А.Е., Маигов Р.Ю.</i> Оптимизация процесса учета инвентарных рельсов и рельсошпальной решетки с применением RFID-технологии	30
<i>Дмитриев Н.В.</i> Моделирование и исследование автоматизированной складской системы с использованием роевой робототехники	36
<i>Русакова Е.А., Пащенко М.А.</i> Обзор международных стандартов в области квантовых коммуникаций	40
<i>Паршина В.С., Морева А.В.</i> Совершенствование железнодорожного туризма в Российской Федерации	47
<i>Ковалев А.А., Суриков Е.И.</i> Модель оценки качества электропотребления нетяговых железнодорожных потребителей	54
<i>Созыкин А.А., Русакова Е.А.</i> Методы повышения производительности беспроводных сетей Wi-Fi	59

Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

<i>Звягина М.А., Лапшин В.Ф.</i> Анализ технического состояния инновационных грузовых вагонов	64
<i>Антропова Т.А.</i> Анализ рассеяния химического состава литых боковых рам тележек	69
<i>Цунин Д.В., Худояров Д.Л.</i> Моделирование процесса работы локомотивных устройств безопасности посредством навигационно-связного оборудования	74
<i>Красильников В.С.</i> Применение закладных брусьев для размещения несущих платформ устройств контроля схода подвижного состава	78

Управление процессами перевозок

<i>Тимухина Е.Н., Кашеева Н.В., Аманов М.М.</i> Анализ причин отставления от движения грузовых поездов на полигоне Свердловской железной дороги	82
---	----

CONTENTS

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

<i>Tatiana A. Vetrova.</i> Passenger-hours as a decision-making criterion for building a route transport network.	3
<i>Ivan A. Gaisin.</i> Prospects for the development of tram transport systems on the example of the city of Yekaterinburg	8
<i>Maria V. Romenskaya, Andrey D. Ershov, Mikhail Yu. Sokolov, Anna R. Arustamova.</i> About the current directions of railway logistics development at the testing ground of the Central transport hub	14
<i>Dmitry G. Nevolin, Aleksey A. Tsarikov, Viktor G. Bondarenko, Alexander V. Sklyannyi.</i> Optimization of the route network of urban passenger transport by the example of Yekaterinburg tram traffic.	21

The organization of production (transport)

<i>Dmitry V. Kargapoltsev, Andrey E. Kalashnikov, Ruslan Yu. Maigov.</i> Optimization of inventory rails and rail-sleeper grid using RFID technology	30
<i>Nikita V. Dmitriev.</i> Modeling and research of the automated warehouse system using role-based robotics.	36
<i>Elena A. Rusakova, Mikhail A. Paschenko.</i> Overview of international standards in the field of quantum communications	40
<i>Valentina S. Parshina, Alexandra V. Moreva.</i> Improving railway tourism in the Russian Federation	47
<i>Alexey A. Kovalev, Evgeny I. Surikov.</i> A model for assessing the quality of power consumption of non-traction railway consumers	54
<i>Arthur A. Sozykin, Elena A. Rusakova.</i> Methods for improving the performance of wireless Wi-Fi networks	59

Rolling stock, hauling operation and electrification

<i>Marina A. Zvyagina, Vasily F. Lapshin.</i> Analysis of the technical condition of innovative freight rail cars	64
<i>Tatiana A. Antropova.</i> Analysis of dispersion of chemical composition of bogie cast side frames	69
<i>Denis V. Sanin, Dmitry L. Khudoyarov.</i> Simulation of locomotive safety devices operation through navigation and communication equipment	74
<i>Vladimir S. Krasilnikov.</i> Application of embedded beams for placement of load-bearing platforms of rolling stock derailment control devices	78

Management of transportation processes

<i>Elena N. Timukhina, Natalia V. Kashcheeva, Maxim M. Amanov.</i> Analysis of the reasons for disengagement of freight trains at the testing ground of the Sverdlovsk railway	82
--	----



Татьяна Алексеевна
Ветрова

Tatiana A. Vetrova

Пассажиры-часы как критерий принятия решений построения маршрутной транспортной сети

Passenger-hours as a decision-making criterion for building a route transport network

Аннотация

В статье рассматривается возможность использования понятия «пассажиры-часы» в вопросе оперативного управления сетью городского пассажирского транспорта. Предложены расчетные формулы для определения пассажиро-часов движения и ожидания. Определены ограничения в применении предложенных показателей.

Ключевые слова: пассажиры-часы, городской пассажирский транспорт, оперативная маршрутизация, выбор маршрута.

Abstract

The article considers the possibility of using the concept of «passenger-hours» in the issue of operational management of the urban passenger transport network. Calculation formulas for determining passenger-hours of movement and waiting are proposed. Limitations in the application of the proposed indicators are determined.

Keywords: passenger-hours, urban passenger transport, operational routing, route selection.

Авторы Authors

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

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

Использование значения пассажиро-часов получило распространение при проектировании транспортной сети и выборе оптимальных видов транспорта для нее. Но задача определения стоимости пассажиро-часа актуальна не только в экономике пассажирских перевозок при перспективном планировании. В вопросах регулирования существующей системы пассажирских перевозок понятие «пассажиро-часы» чаще всего встречается в качестве единицы измерения различных стоимостных показателей на железнодорожном транспорте, а также для определения оптимального количества транспортных зон [1]. Кроме того, значение пассажиро-часов является основой для определения суммы возврата за опоздание поездов и самолетов, определяет стоимость билета и размер страховых отчислений в стоимости билета.

Отсутствие практики широкого применения данного понятия на автотранспорте связано с различиями в формировании тарифа на перевозку. Например, при рассмотрении городских пассажирских перевозок стоимость поездки не зависит от зон, дальности, даты поездки и т.д., в то время как на железнодорожном транспорте значение стоимости пассажиро-часов необходимо для установки тарифа [2].

На автотранспорте пассажиро-часы также используют для расчета затрат времени пассажиров на передвижение в стоимостном выражении. Для этого используется критерий «экономленное за поездку время», отраженное в стоимости одного пассажиро-часа [3]. Применение данного показателя дает возможность экономически обосновать использование дорогостоящего подвижного состава, скорость передвижения на котором выше, за счет чего затраты времени пассажиром на поездку снижаются.

В данном исследовании рассматривается возможность использования понятия «пассажиро-часы» в вопросе оперативного управления сетью городского пассажирского транспорта.

В настоящее время принятие решения об открытии маршрута осуществляется с помощью анкетного метода обследования пассажиропотока или на основании экспертного мнения специалистов в данной области. Непосредственно схема нового маршрута определяется исходя из прогнозных направлений и объемов перевозки [4–5].

Предлагаем оценить возможные варианты построения маршрута в режиме реального времени с учетом текущего спроса на перевозку.

Рассмотрим условную сеть городского пассажирского транспорта. На ней отражены все остановочные пункты (ОП), соединенные сетью дорог, расстояние между ними, количество и направление перемещения ожидающих перевозку пассажиров в данный момент (рис. 1). В табл. 1 указаны расстояния между соседними ОП, в скобках приведено время проезда между ними.

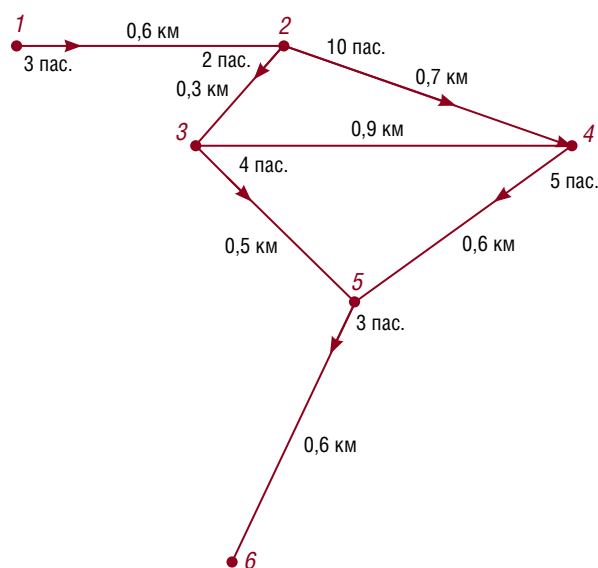


Рис. 1. Рассматриваемая сеть городского пассажирского транспорта

Таблица 1

Расстояние между остановочными пунктами (км) и время проезда между ними (ч)

№ ОП	1	2	3	4	5	6
1	–	0,6 (0,02)	–	–	–	–
2	0,6 (0,02)	–	0,3 (0,01)	0,7 (0,03)	–	–
3	–	0,3 (0,01)	–	0,9 (0,04)	0,5 (0,02)	–
4	–	0,7 (0,03)	0,9 (0,04)	–	0,6 (0,02)	–
5	–	–	0,5 (0,02)	0,6 (0,02)	–	0,6 (0,02)
6	–	–	–	–	0,6 (0,02)	–

Рассмотрим два возможных варианта построения маршрута.

1. Автобус следует по маршруту в следующем порядке: 1–2–3–4–5–6 (маршрут № 1).

2. Автобус следует по маршруту в порядке: 1–2–4–3–5–6 (маршрут № 2).

Рассчитаем основные показатели работы маршрутов по перегонам и в целом. Общее число пассажиров, ожидающих перевозки, $Q = 27$ пас., скорость движения автобуса $V = 25$ км/ч. Длина маршрута № 1 составит 3 км, № 2 — 3,3 км. На основании длины между ОП и скорости движения автобуса рассчитаем время проезда каждого перегона в часах (табл. 1).

Спрос на перевозку представлен в табл. 2.

Пассажиरोоборот для каждого из вариантов представлен в табл. 3.

Результаты расчетов основных показателей маршрутов представлены в табл. 4.

Если за критерий оптимальности маршрута принять минимальное время рейса, то оптимальным будем маршрут № 1. Но если обратить внимание на значение пассажиरोоборота, то на первом маршруте оно больше, чем на втором. Это означает, что, несмотря на минимальную длину маршрута и время рейса, пассажиры в среднем проезжают большее расстояние и тратят больше времени на поездку до точки назначения. Пассажиरोоборот указывает на эту закономерность, но не может дать ей оценку с точки зрения затраченного времени.

Таблица 2

Количество пассажиров, ожидающих перевозку

ОП отправления \ ОП назначения	1	2	3	4	5	6
1	–	3	–	–	–	–
2	–	–	2	10	–	–
3	–	–	–	–	4	–
4	–	–	–	–	5	–
5	–	–	–	–	–	3
6	–	–	–	–	–	–
Всего	27					

Таблица 3

Пассажирооборот маршрутов № 1 и № 2, пас-км

№ ОП	Маршрут № 1						Маршрут № 2					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	–	1,8	–	–	–	–	–	1,8	–	–	–	–
2	–	–	3,6	–	–	–	–	–	–	8,4	–	–
3	–	–	–	12,6	–	–	–	–	–	–	4,5	–
4	–	–	–	–	5,4	–	–	–	6,3	–	–	–
5	–	–	–	–	–	1,8	–	–	–	–	–	1,8
6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Всего	25,2						22,8					

Таблица 4

Основные характеристики маршрутов

Показатели	Обозначение	Единицы измерения	Маршрут № 1	Маршрут № 2
Объем перевозок	Q	пас.	27	
Длина маршрута	L	км	3	3,3
Пассажирооборот	P	пас-км	25,2	22,8
Время рейса	T_p	ч	0,12	0,13

Таблица 5

Пассажиро-часы в пути по перегонам, пас-ч

№ ОП	Маршрут № 1						Маршрут № 2					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	–	0,06	–	–	–	–	–	0,06	–	–	–	–
2	–	–	0,02	–	–	–	–	–	–	0,3	–	–
3	–	–	–	5,04	–	–	–	–	–	–	1,8	–
4	–	–	–	–	2,16	–	–	–	2,52	–	–	–
5	–	–	–	–	–	0,72	–	–	–	–	–	0,72
6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Всего	1,01						0,91					

Для количественной оценки затрат времени пассажиров на перемещение предлагаем ввести показатели «пассажиро-часы в пути» и «пассажиро-часы ожидания». Они позволят оценить потраченное время каждой группы пассажиров. Расчетные формулы предложенных показателей:

1. Пассажиро-часы в пути:

$$ПЧ_{дв} = \sum_{i=1}^m Q_i \cdot t_i, \text{ пас-ч}, \quad (1)$$

где Q_i — количество пассажиров, проехавших по i -му перегону/участку, пас.; t_i — время проезда i -го перегона/участка, ч; m — количество перегонов/участков.

2. Пассажиро-часы ожидания:

$$ПЧ_{ож} = \sum_{j=1}^n Q_j \cdot t_j, \text{ пас-ч}, \quad (2)$$

где Q_j — количество пассажиров, ожидающих на j -м остановочном пункте (ОП), пас.; t_j — время ожидания

пассажирами следующего автобуса на j -м ОП, ч; n — количество ОП.

Пассажиро-часы поездки (в пути) определяются как сумма значений пассажиро-часов в движении и ожидания.

Определим пассажиро-часы поездки для вариантов маршрутов № 1 и № 2. Данные расчета представлены в табл. 5.

Рассчитав данный показатель, можем сравнивать маршруты исходя из затрат времени пассажиров на передвижение по сети. Для маршрута № 1 пассажиро-часы в пути составили 1,01 пас-ч, для второго — 0,91.

В дальнейшем планируется уточнение методики расчета пассажиро-часов поездки путем учета времени ожидания пассажиров на каждом остановочном пункте, а также реальных условий движения на улично-дорожной сети (ДТП, ремонт, массовые мероприятия и т.д.).

Необходимо отметить, что данный показатель можно применять только в определенных случаях:

1. Если $Q_1 = Q_2$ для данного сравнительного анализа, где Q_1, Q_2 — объемы перевозок на маршруте № 1 и № 2

соответственно, т.е. если происходит определение наилучшего варианта перевозки одной и той же группы пассажиров. При этом значения длины маршрута и скорости движения могут отличаться для двух маршрутов. В таком случае можно говорить о выборе оптимального маршрута по критерию минимальных затрат времени пассажиров на передвижение.

2. Если $Q_1 = Q_2$ и $S = \text{const}$, где S — длина маршрута (участка). Тогда сокращение времени в пути возможно только за счет изменения скорости движения автобуса. Увеличение скорости доставки пассажиров происходит вследствие организации экспрессных и полуэкспрессных режимов движения, оперативного реагирования на изменение условий движения (объезд

заторов, аварий, ремонтных работ) и др. В этом случае снижение времени в пути пассажиров достигается за счет эффективной организации работы текущего маршрута.

Таким образом, приведенный пример расчета позволил наглядно оценить разницу в выборе оптимального варианта маршрута по классическому методу (минимальному времени) и с помощью предложенного показателя. Использование понятия «пассажиры-часы» в вопросах оперативного управления сетью городского пассажирского транспорта целесообразно для выбора одного из альтернативных маршрутов, построенных в режиме реального времени с учетом текущего спроса на перевозку. **ИТ**

Список литературы

1. Пассажирыские перевозки на железнодорожном транспорте (примеры, задачи, модели, методы и решения) : учебное пособие. М. : ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2009. 342 с.
2. Баскин Э. М. О времени ожидания пассажира на автобусной остановке // Теория и средства автоматизации. М. : Наука, 1968. С. 188–198.
3. Баламирзоев А. Г., Алиева Х. Р., Баламирзоева Э. Р. Принятие решений пассажиропотоком по выбору маршрута передвижения // Фундаментальные исследования. 2013. № 4–2. С. 267–271. ISSN 1812–7339. EDN: PVSTPV.
4. Федоров С. В. Совершенствование методов проектирования транспортных сетей и маршрутных систем крупных городов : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Сергей Владимирович Федоров. М. : МАДИ, 2011. 20 с.
5. Кулев А. В. Оптимизация маршрутов пассажирского транспорта в городе : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Андрей Владимирович Кулев. Орел, 2015. 127 с.

References

1. Passenger transportation by rail (examples, tasks, models, methods and solutions) : textbook. Moscow : State Educational Institution «Educational and Methodological Center for Education in railway Transport», 2009. 342 p.
2. Baskin E. M. About the waiting time of a passenger at a bus stop // Theory and means of automation. M. : Nauka, 1968. P. 188–198.
3. Balamirzoev A. G., Alieva H. R., Balamirzoeva E. R. Decision-making by passenger traffic on the choice of the route of movement // Fundamental research. 2013. No. 4–2. P. 267–271. ISSN 1812–7339. EDN: PVSTPV.
4. Fedorov S. V. Improvement of methods of designing transport networks and route systems of large cities : abstract. dis. ... Candidate of Technical Sciences: 05.22.10 / Sergey Vladimirovich Fedorov. M. : MADI, 2011. 20 p.
5. Kulev A. V. Optimization of passenger transport routes in the city : dis. ... Candidate of Technical Sciences: 05.22.10 / Andrey Vladimirovich Kulev. Eagle, 2015. 127 p.



**Иван Антонович
Гайсин**

Ivan A. Gaisin

Перспективы развития трамвайных транспортных систем на примере города Екатеринбурга

Prospects for the development of tram transport systems on the example of the city of Yekaterinburg

Аннотация

В статье рассматриваются проблемы транспортных систем крупных городов России на примере Екатеринбурга. Разработана перспективная транспортная модель трех районов Екатеринбурга. В результате расчета транспортной модели получены данные пассажиропотоков по исследуемой улично-дорожной сети, производственные показатели работы общественного транспорта, проведен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: транспортная система города, городской общественный транспорт, улично-дорожная сеть, трамвайная система, пассажиропотоки, транспортный спрос, транспортная модель, моделирование транспортной сети.

Abstract

The article deals with the problems of transport systems of large cities of Russia on the example of Yekaterinburg. A promising transport model of three districts of Yekaterinburg has been developed. As a result of the calculation of the transport model, passenger traffic data for the studied road network, production indicators of public transport were obtained, the analysis of the results obtained was conducted.

Keywords: city transport system, urban public transport, street and road network, tram system, passenger flows, transport demand, transport model, transport network modeling.

Авторы Authors

Иван Антонович Гайсин, магистрант 2 курса Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: gaysin.vanya@mail.ru

Ivan A. Gaisin, 2nd year Master's degree student of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: gaysin.vanya@mail.ru

Введение в проблематику

В настоящее время в России транспортные системы городов столкнулись с проблемой активного роста автомобилизации. Города, удобные для автомобиля, довольно быстро становятся неудобными для всех тех, кто автомобилем не пользуется.

В зарубежной и отечественной научной литературе и на практике твердо устоялось мнение, что политика «города для автомобилей» — это проблема транспортных систем городов, потому что спрос на дорожную инфраструктуру в принципе невозможно удовлетворить. Главным виновником этого является так называемый «спровоцированный спрос», сущность которого можно кратко описать выражением «Чем больше дорог — тем больше машин». В крупных городах сегодня активно проводится политика финансирования именно автодорог, магистралей, крупных развязок мостов и прочей дорожной инфраструктуры.

При анализе проблем городского общественного транспорта (ГОТ) также нужно отметить, что роль метрополитена в современном российском городе незначительна, поскольку метрополитен — это транспортная система со сравнительно высокими эксплуатационными расходами, но низкой провозной способностью и транспортной доступностью. По примерным подсчетам, одна станция метро стоит 7 млрд рублей, время на ее строительство может достигать пяти лет в зависимости от расстояния между проектируемыми станциями и глубины заложения. В крупном городе метрополитен не способен удовлетворить все транспортные потребности населения, охватывая лишь часть районов города.

Спасением для крупных городов в условиях существующих проблем являются наземные рельсовые транспортные системы, главным образом трамвайные. Многие исследования рельсовых транспортных систем подтверждают, что передвижение по рельсам за счет высокой вместимости подвижного состава (по сравнению с тем же автобусом, например) — это эффективно, а если рельсовые линии отделены от остального потока транспорта или интегрированы в него, обязательно повысится пропускная способность. Современный трамвай при правильном обслуживании может ездить абсолютно бесшумно, без вибраций и не наносит вред окружающей среде.

Таким образом, если комплексно подойти к модернизации существующей транспортной рельсовой системы любого крупного города России, снабдить ее современным подвижным составом, обслужить пути, оптимизировать маршрутную сеть и дать преимущество подвижному составу ГОТ, то можно получить эффективную транспортную систему города, основанную на одном только трамвае, которая будет обеспечивать транспортную

доступность для 80 % жителей города и раз и навсегда закроет его транспортные проблемы. Обошлась бы такая система, по подсчетам экспертов, в сумму около 35 млрд рублей. Для этого можно выделить из бюджета средства, предназначенные на строительство бесконечных развязок и магистралей, которые лишь ухудшают транспортную ситуацию. В крупных развитых городах, в том числе и за рубежом, сегодня от такой инфраструктуры стараются избавиться, заменяя ее дружественными для городской среды рельсовыми видами транспорта.

Пока все виды транспорта находятся в одинаковых условиях и все стоят в пробках, людям нет разницы — добираться на индивидуальном или на общественном транспорте (все равно будешь стоять в пробке). Когда же на проезжей части появится выделенная трамвайная линия, тот, кто ценит свое время, пересядет на трамвай. На дороге останутся только те, кто не может отказаться от авто по другим причинам (меньшая доля участников движения). Как результат — высокопропускная дорожная среда с благоприятными условиями для жизнедеятельности ее членов [1–3].

Важно понимать, что транспортная система города — это цельная структура, в которой люди могут перемещаться либо на индивидуальном, либо на общественном транспорте, исходя главным образом из трех факторов: денежных затрат, затрат времени и комфорта.

Транспортная модель города Екатеринбурга

Рассмотрим более детально вопрос развития транспортных систем на примере города Екатеринбурга, в частности — Академического района.

На рис. 1 представлена схема транспортной модели Академического района Екатеринбурга, демонстрирующая, как может выглядеть улично-дорожная сеть (УДС) района в будущем.

В работе использовались данные генерального плана развития Екатеринбурга до 2035 года. За основу были взяты перспективы развития общественного транспорта города, в частности — трамвайной системы. С учетом этих данных построена транспортная модель трех административных районов Екатеринбурга — Академического, Ленинского, Верх-Исетского (рис. 2). Для моделирования использовалось специальное программное обеспечение PTV (Planung Transport Verkehr Visum) [4].

На основе построенной модели проведен математический анализ работы ГОТ (корреспонденции районов, пассажиропотоки, некоторые показатели работы общественного транспорта). На рис. 2 представлены результаты перераспределения пассажиропотоков между

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

В первом случае основную нагрузку пассажиропотока принимает на себя автобус (рис. 3). Большая часть пассажиропотока концентрируется по улицам Серафимы Дерябиной, Академика Бардина и далее по маршрутам до трамвайной линии по Белореченской. В восточной части рассматриваемой сети пассажиропотоки распределяются на автобусе и троллейбусе в пользу второго. Трамвай

в данной ситуации имеет наименьший спрос и лишь дополняет автобус на улицах Белореченской и Радищева. Таким образом, получается, что жителям восточной части Академического района трудно добраться до Верх-Исетского на общественном транспорте.

Во втором варианте (рис. 4) трамвай в модели особо востребован на всей протяженности улицы Чкалова до Волгоградской и далее

по существующей линии на Белореченской. Пассажиропоток на данном виде ГОТ достигает наибольших значений (41228 пас.). Здесь трамвайная линия от пересечения проспекта Академика Сахарова и Чкалова до пересечения улиц Чкалова — Волгоградская пользуется большим спросом, далее пассажиропотоки разделяются на направления в сторону центра тяготения Ленинского и Верх-Исетского районов.



Рис. 3. Фрагмент графа модели при отсутствии проектируемых трамвайных линий

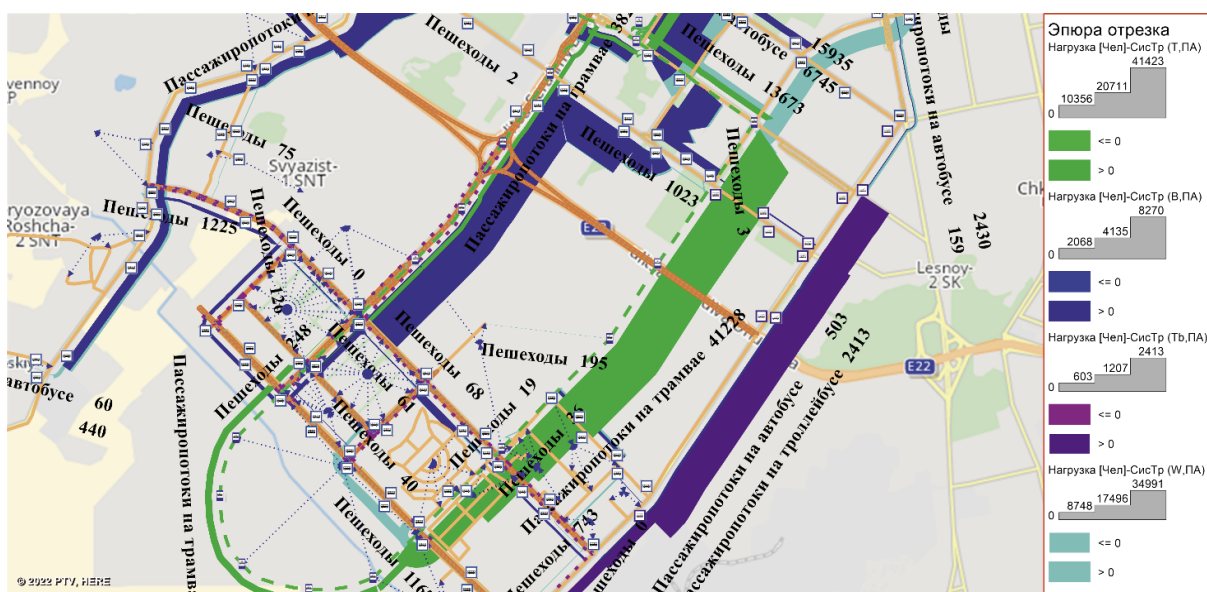


Рис. 4. Фрагмент графа модели при наличии проектируемых трамвайных линий

И. А. Гайсин | Перспективы развития трамвайных транспортных систем на примере города Екатерининбурга

Производственные показатели работы ГОТ

В табл. 1, 2 представлены различные производственные показатели работы ГОТ.

По данным табл. 1 можно видеть, что трамвай имеет большой спрос у пассажиров при пересадках.

Выводы

В работе проанализированы транспортные проблемы современных крупных городов. Определено, что трамвайная транспортная система может быть оптимальным решением рассмотренных проблем.

На примере Екатеринбурга проведены построение и расчет транс-

портной модели исследуемой части города. Анализ результатов расчета модели показал, что развитие трамвайной системы перспективно. Развитая сеть трамвайных линий в Академическом районе может стать главным звеном в организации пассажирских перевозок, с учетом критериев безопасности и экологичности. **ИТ**

Таблица 1

Пересадки пассажиров по видам транспорта

Из вида ГОТ	В вид ГОТ	Количество пассажиров
Автобус	Автобус	4790
Автобус	Трамвай	2570
Автобус	Троллейбус	104
Трамвай	Автобус	2835
Трамвай	Трамвай	9050
Трамвай	Троллейбус	0
Троллейбус	Автобус	244
Троллейбус	Трамвай	0
Троллейбус	Троллейбус	0

Таблица 2

Производственные показатели работы ГОТ

Атрибут ГОТ	Значение
Среднее время перевозки	35 мин 15 с
Среднее время пешком при пересадке	18 мин 12 с
Средняя длина поездки	8,09 км
Средняя длина пути при пересадке	2,12 км
Средняя частота пересадок	0,3
Поездки в ГОТ, всего	61886
Перевозки по маршрутам	81479
Среднее время поездки в ТС	16 мин 4 с
Среднее время пересадки	1 мин
Общие пассажир. км	422040,940 км
Средняя длина поездки в ТС	4,702 км

Список литературы

1. Горев А. Э. Развитие городских транспортных систем крупных городов // Транспорт Российской Федерации. 2016. № 6 (67). С. 50–53. ISSN 1994–831X. EDN: XROJPL.
2. Макаров И. Н. Эффективность функционирования и развития транспортной системы крупного города и городской агломерации: критерии оптимизации, необходимость мультимодального взаимодействия // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 1 (132). С. 209–217. ISSN 1814–3520. EDN: YMMWJK.
3. Вукан Р. Вучик. Транспорт в городах, удобных для жизни. М. : Территория будущего, 2011. 586 с. ISBN 978-5-91129-058-0.
4. Справка по программе PTV Visum // PTV AG: официальный сайт. URL: https://cgi.ptvgroup.com/vision-help/VISUM_2021_RUS/Content/TitleCopyright/Index.htm.

References

1. Gorev A. E. Development of urban transport systems of large cities // Transport of the Russian Federation. 2016. No. 6 (67). P. 50–53. ISSN 1994–831X. EDN: XROJPL.
2. Makarov I. N. Efficiency of functioning and development of the transport system of a large city and urban agglomeration: optimization criteria, the need for multimodal interaction // Bulletin of Irkutsk State Technical University. 2018. Vol. 22. No. 1 (132). P. 209–217. ISSN 1814–3520. EDN: YMMWJK.
3. Vukan R. Vuchik. Transport in cities convenient for life. Moscow : Territory of the future, 2011. 586 p. ISBN 978-5-91129-058-0.
4. Help on the PTV Visum program // PTV AG: official website. URL: https://cgi.ptvgroup.com/vision-help/VISUM_2021_RUS/Content/TitleCopyright/Index.htm.



**Мария Владимировна
Роменская**

Maria V. Romenskaya



**Андрей Дмитриевич
Ершов**

Andrey D. Ershov



**Михаил Юрьевич
Соколов**

Mikhail Yu. Sokolov



**Анна Робертовна
Арустамова**

Anna R. Arustamova

Об актуальных направлениях развития железнодорожной логистики на полигоне Центрального транспортного узла

About the current directions of railway logistics development at the testing ground of the Central transport hub

Аннотация

В статье рассматриваются перспективы развития грузовых перевозок в Московском транспортном узле. Бурный рост населения агломерации диктует необходимость развития пригородно-городских железнодорожных перевозок, что накладывает существенные ограничения на сохранение грузовой работы станций в черте г. Москвы. По этим причинам необходим поиск новых подходов к организации доставки грузов железнодорожным транспортом в Москве и Московской области. Сделаны выводы о том, что развитие терминальной сети для контейнерных перевозок должно сопровождаться внедрением новых подходов к управлению грузопотоками на основе принципов синхромодальности. Рекомендовано развивать логистические технологии на основе технологии ускоренных грузовых перевозок с привлечением на железнодорожный транспорт грузопотоков, обслуживаемых в настоящее время автомобильным транспортом.

Ключевые слова: Центральный транспортный узел, Московский железнодорожный узел, мультимодальные перевозки, контейнерные перевозки, логистика, железнодорожный транспорт, грузовые перевозки, контейнерный терминал, терминально-логистический центр.

Abstract

The article discusses the prospects for the development of freight transportation in the Moscow transport hub. The rapid population growth of the agglomeration dictates the need for the development of suburban-urban rail transportation, which imposes significant restrictions on preservation of freight operation of stations within the city of Moscow. For these reasons, it is necessary to search for new approaches to organization of cargo delivery by rail in Moscow and the Moscow region. Conclusions are drawn that the development of a terminal network for container transportation should be accompanied by introduction of new approaches to cargo traffic management based on the principles of synchromodality. It is recommended to develop logistics technologies based on the technology of accelerated freight transportation with involvement of freight flows currently serviced by road transport on railway transport.

Keywords: Central transport hub, Moscow railway hub, multimodal transportation, container transportation, logistics, railway transport, cargo transportation, container terminal, terminal logistics center.

Авторы Authors

Мария Владимировна Роменская, старший преподаватель кафедры «Управление транспортным бизнесом и интеллектуальные системы» Российского университета транспорта (МИИТ), Москва; e-mail: avantes7@yandex.ru | Андрей Дмитриевич Ершов, старший преподаватель кафедры «Управление транспортным бизнесом и интеллектуальные системы» Российского университета транспорта (МИИТ), Москва; e-mail: mailrabochiy1@mail.ru | Михаил Юрьевич Соколов, ассистент кафедры «Управление транспортным бизнесом и интеллектуальные системы» Российского университета транспорта (МИИТ), Москва; e-mail: sokolov.m.yu@edu.rut-miit.ru | Анна Робертовна Арустамова, студент Российского университета транспорта (МИИТ); e-mail: Photoroberto@yandex.ru

Maria V. Romenskaya, Senior Lecturer of "Transport Business Management and Intelligent Systems" Department of the Russian University of Transport (MIIT), Moscow; e-mail: avantes7@yandex.ru | Andrey D. Ershov, Senior Lecturer of "Transport Business Management and Intelligent Systems" Department of the Russian University of Transport (MIIT), Moscow; e-mail: mailrabochiy1@mail.ru | Mikhail Yu. Sokolov, Assistant of "Transport Business Management and Intelligent Systems" Department of the Russian University of Transport (MIIT), Moscow; e-mail: sokolov.m.yu@edu.rut-miit.ru | Anna R. Arustamova, student of the Russian University of Transport (MIIT); e-mail: Photoroberto@yandex.ru

Вопросы организации ввоза и распределения грузов, поступающих внешним транспортом, являются важнейшими с точки зрения жизнеобеспечения Московского региона (г. Москвы и Московской области). При этом существенное влияние на качество жизнедеятельности региона оказывают способы транспортировки и качество логистики. В последние десятилетия по ряду субъективных и объективных причин наблюдалось снижение доли железнодорожного транспорта в грузовых перевозках Московской агломерации и одновременное ее увеличение у автомобильного транспорта, что сопровождалось рядом негативных процессов:

- повышением нагрузки на магистральную улично-дорожную сеть (особенно по так называемым «вылетным» радиальным магистралям);
- увеличением конечной стоимости по ряду товаров для конечного потребителя (например, строительные грузы);
- повышением экологической нагрузки на регион.

В Центральном транспортном узле (ЦТУ) можно выделить пять характерных поясов застройки, отличающихся разными потребностями в транспортном обслуживании (рис. 1), на основе которых можно сегментировать направления транспортной политики в регионе.

I пояс — центральный пояс Москвы, ограниченный контуром Третьего транспортного кольца и Малого кольца Московской железной дороги (МК МЖД), характеризуется практически полным отсутствием промышленно-складской застройки. Железнодорожная инфраструктура I пояса обслуживает только пассажирские перевозки.

II пояс — окраинная зона Москвы, ограниченная МКАД, характеризуется наличием определенного фонда складской недвижимости и промышленных производств. Железнодорожная инфраструктура II пояса, помимо пассажирских перевозок, обслуживает небольшой объем местной грузовой работы для стратегических предприятий, продолжающих работу по итогам реорганизации промышленных зон Москвы.

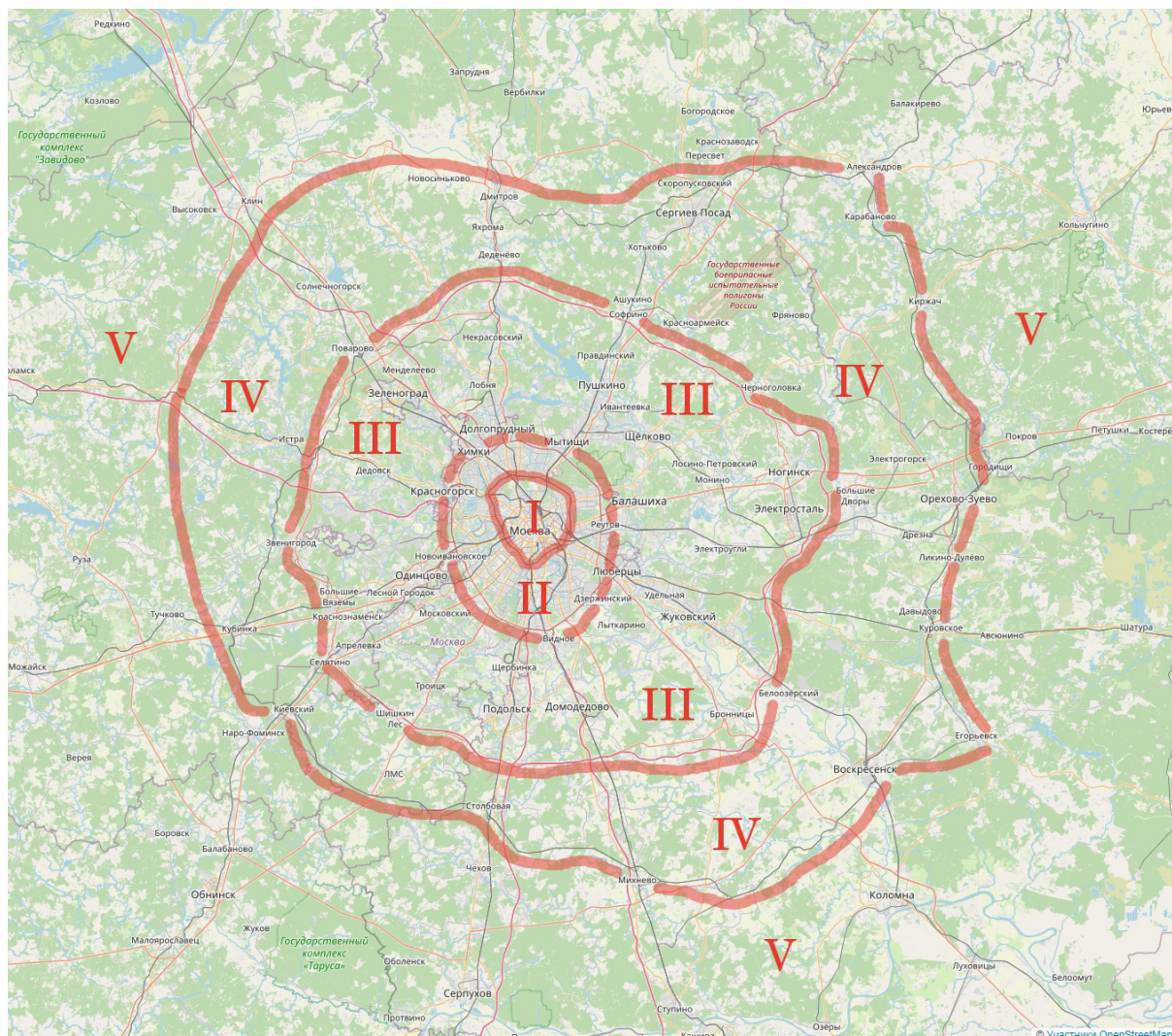


Рис. 1. Схема взаимного расположения поясов Центрального транспортного узла

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

III пояс — ближайшее Подмосковье — непосредственно агломерация Москвы, ограниченная непрерывным поясом урбанизированных территорий Москвы и городов-спутников. Железнодорожная инфраструктура III пояса, помимо интенсивных пассажирских перевозок, обслуживает большой объем местной грузовой работы.

IV и V пояса — далее Подмосковье и смежные районы соседних регионов, тяготеющие к Москве, ограниченные ЦКАД и БМО соответственно (за исключением северо-западной части региона). Железнодорожная инфраструктура поясов обслуживает грузовые и пассажирские перевозки примерно в равных долях, в том числе транзитное грузовое сообщение.

Сегментация на перечисленные пояса позволяет формулировать новые подходы к организации местной грузовой работы на железнодорожном транспорте и логистики доставки грузов для грузоотправителей и грузополучателей Московского региона.

В части работы Московского железнодорожного узла (МЖУ) приоритетным в настоящее время является обеспечение потребностей региона по маятниковой миграции в пассажирских перевозках поездами МЦД и пригородными поездами дальних зон [1–3]. В условиях интенсификации пассажирских перевозок на всех радиальных участках Московского железнодорожного узла перестраивается работа грузовых станций, попадающих в полигон работы пригородно-городских перевозок. Большинство станций сталкивается с ограничением грузовой работы, а на некоторых грузовая работа полностью прекращается. Существовавшая до 2010-х гг. технология работы с местным вагонопотоком на Московском железнодорожном узле перестала отвечать требованиям времени из-за изменения структуры вагонопотоков и закрытия Малого кольца МЖД для организации пассажирских перевозок по проекту Московского центрального кольца (МЦК).

В работе с местным грузопотоком на станциях МЖУ появились проблемы, увеличивающие себестоимость грузовых перевозок и снижающие качество транспортных услуг. Трудности в подаче и уборке вагонов на подъездные пути станций, особенно если это связано с необходимостью пересечения главных путей маневровым порядком, стали одной из важных проблем на участках с тремя и более главными путями. Также станции МЖУ, не оснащенные достаточно длинными приемо-отправочными путями, ограничены в возможностях по обработке маршрутизированных и контейнерных поездов, что снижает привлекательность для грузовых перевозок не только этих станций, но и всего железнодорожного транспорта в Московской агломерации. Для привлечения новых грузоотправителей в лице промышленных предприятий и логистических компаний необходима реализация мероприятий по удлинению приемо-отправочных

путей на ряде станций, работающих с местным грузопотоком. Кроме того, существуют трудности с пропуском сборных и вывозных грузовых поездов установленного веса и длины в плотном графике движения поездов, которые приводят к неравномерности работы сортировочных станций МЖУ и снижению производительности труда локомотивных бригад, занятых в грузовом движении.

Результатом происходящих изменений в технологии обслуживания грузовых станций МЖУ становится отток клиентов, чувствительных к качеству транспортных услуг, из сегмента повагонных и групповых отправок. Такие перевозки остаются привлекательными только для клиентов, для которых наиболее важным критерием выбора способа доставки груза в Москву является конечная стоимость перевозки, например, для производителей нерудных строительных материалов (НСМ). Остальные грузы, особенно тарно-штучные, переключаются на магистральный автомобильный транспорт и на активно развивающийся сегмент железнодорожных интермодальных перевозок (контейнерных и контейнерных) МЖУ.

Классическая технология перевозок повагонными отправлениями предусматривает отправление единичных вагонов со станций погрузки с последующей переработкой на технических станциях в пути следования. Следует ожидать сохранения определенного объема спроса на перевозки в повагонных отправлениях на территории ЦТУ. Для условий узла работа по данной технологии связана с дополнительными трудностями, связанными с трехэтапной обработкой вагонопотоков формата «сетевая опорная сортировочная станция — районная сортировочная станция — грузовая станция». В двух центральных поясах узла созданы условия для полного отказа от данной перевозочной технологии со стимулированием перехода грузоотправителей на другие технологии доставки грузов.

Отправительская маршрутизация предусматривает формирование на крупных грузовых станциях (контейнерных терминалах) отправительских маршрутов, следующих по ниткам графика ускоренных поездов без переработки на технических станциях. В условиях МЖУ данная технология может продолжать работу во всех поясах, кроме первого, при наличии спроса со стороны грузоотправителей, так как пропуск маршрутизированных поездов возможен в плотном графике движения поездов.

Под интермодальную логистику в МЖУ силами частных инвесторов формируется развитая сеть грузовых терминалов, тяготеющих преимущественно к южному полукольцу МЖУ. По соотношению стоимости земли промышленного назначения и транспортной доступности наиболее выгодными для строительства новых терминалов являются III и IV пояса. Можно разделить эти терминалы на следующие группы:

1. Маломощные терминалы с перерабатывающей способностью менее 100 000 ДФЭ/год, представляющие собой небольшие контейнерные площадки, принадлежащие ОАО «РЖД» и частным компаниям. Фактическая производительность таких площадок в работе с маршрутизированными контейнерными поездами составляет 1 поезд в сутки и менее. Подобные площадки имеют, как правило, один или два грузовых фронта длиной менее 200 м.

2. Опорные контейнерные терминалы с перерабатывающей способностью от 100 000 до 350 000 ДФЭ/год, представляющие собой хорошо оснащенные контейнерные терминалы различного типа с несколькими грузовыми фронтами и более чем одной контейнерной площадкой. Длина грузовых фронтов у таких терминалов колеблется в диапазоне от 300 до 700 м. Фактическая производительность в работе с маршрутизированными контейнерными поездами составляет от одного до трех поездов в сутки.

3. Крупнейшие контейнерные терминалы с перерабатывающей способностью более 350 000 ДФЭ/год, представляющие собой терминалы с грузовыми фронтами длиной 71 условный вагон в количестве от одного до трех штук. Подобные терминалы имеют более чем одну контейнерную площадку. Фактическая производительность терминалов позволяет обрабатывать более трех контейнерных поездов в сутки. Именно такие терминалы составляют перспективный каркас интермодальной логистики МЖУ.

Крупнейшие контейнерные терминалы становятся базой для формирования вокруг них комплексных терминально-логистических центров [4–6]. У всех новых проектов крупнейших терминалов такая возможность

закладывается сразу на этапе проектирования объекта и логистики.

Стоит отметить, что активное развитие железнодорожных терминально-логистических центров не всегда поспевает за увеличивающимся спросом на контейнерную логистику в МЖУ. В период 2019–2022 гг. проявились так называемые «болезни роста» данного сегмента перевозочной деятельности (рис. 2). Ежегодный зимний всплеск экспортно-импортных перевозок является наглядным примером внутригодовой неравномерности перевозок. Статистические данные об объемах переработки контейнеров крупнейшими контейнерными терминалами не показывают масштабы сбоя в работе терминалов из-за резко возрастающих объемов работы в ноябре — феврале каждого года.

Статистическая информация не отражает размеров очереди поездов, находящихся на полигоне Московской железной дороги. Публикации участников логистического рынка в СМИ в начале 2022 г. содержат оценки об 1–2-месячной очереди на обработку на терминалах «Ворсино», «Электроугли» и «Белый Раст». При этом другие контейнерные терминалы МЖУ, в том числе малые, не были задействованы в обработке этого пикового контейнеропотока из-за особенностей таможенного оформления импортных контейнеров, не позволяющих перенаправлять поезда на другие терминалы после прохождения государственной границы.

Для повышения устойчивости работы МЖУ с увеличивающимся потоком интермодальных грузов в контейнерах и контейлерах следует использовать принципы синхромодальных перевозок [7–8], предполагающие оперативное управление грузопотоками на основе цифровых технологий и налаженного взаимодействия между

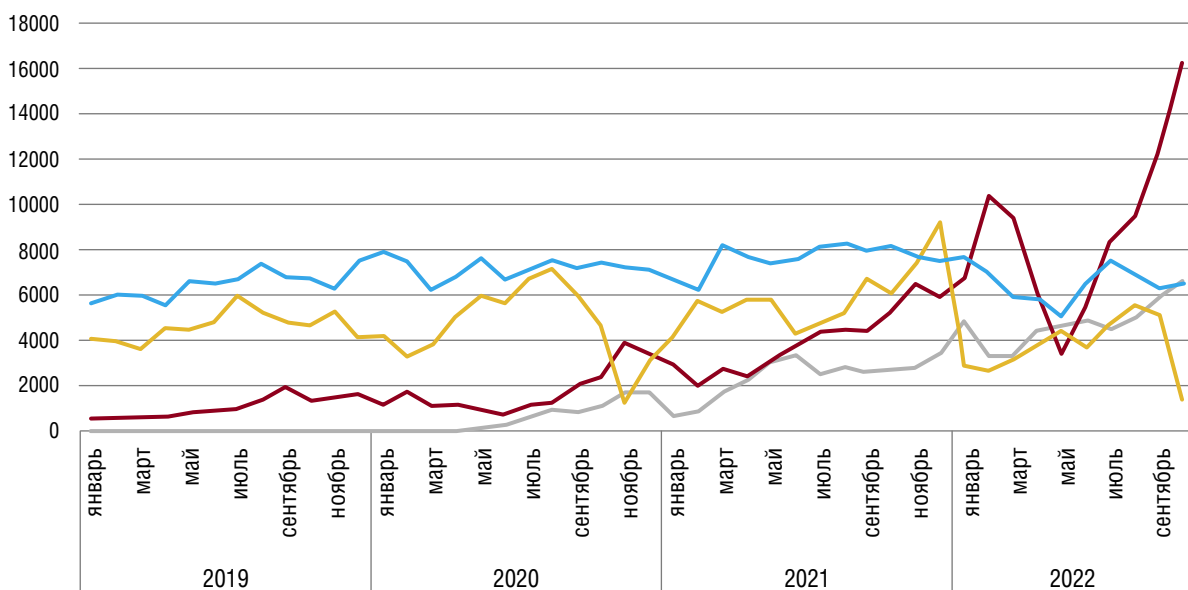


Рис. 2. Ежемесячная неравномерность объемов работы с контейнерами на ключевых терминалах МЖУ (ДФЭ/мес): — «Центральный»; — «Восточный»; — «Северный»; — «Юго-Западный»

участниками перевозочного процесса. Такие подходы позволят в случае сбоев в работе на отдельных терминалах переключать прибывающие поезда на другие терминалы узла и тем самым более равномерно обрабатывать потоки грузов.

Параллельно с развитием узловой терминальной инфраструктуры необходимо развитие и по другим направлениям грузовой логистики, ориентированным на технологические различия в перевозочных технологиях и соответствующих им грузопотоках. Можно выделить систему ускоренных грузовых перевозок и технологию смарт-логистики [9–12].

Инновационная технология ускоренных грузовых перевозок предусматривает организацию движения грузовых поездов постоянного формирования, следующих между крупнейшими пунктами зарождения и погашения грузопотоков по расписанию, с остановками в пределах маршрута следования в крупных городах (например, Москва — Владивосток с остановками: Нижний Новгород, Киров, Пермь, Екатеринбург и т.п.). Грузовые операции, осуществляемые в пути следования на попутных станциях, должны выполняться в течение 1–2 часов без изменения схемы поезда. Груз может приниматься к перевозке в контейнерах, на палетах и в других видах интермодальной тары. Подвижной состав — платформы (в том числе специализированные под определенные типы интермодальной тары), крытые вагоны стеллажного типа и изотермические крытые вагоны. На станциях выполнения грузовых операций достаточно оборудования одного бокового приемо-отправочного пути грузовой платформой. Принципиальным отличием новой технологии является упреждение спроса на перевозки перевозочными ресурсами по аналогии с пассажирскими перевозками в дальнем сообщении, когда пассажир резервирует место в заранее спрогнозированной перевозчиком (оператором) схеме поезда. Аналогично грузоотправитель резервирует грузовые или вагонные места в заранее сформированной схеме ускоренного грузового поезда.

Новая технология ввоза груза в крупные агломерации «смарт-логистика» является частным случаем технологии ускоренных грузовых перевозок и обеспечивает ввоз грузов железнодорожным транспортом от тыловых опорных станций (расположенных с внешней стороны агломерации) до станций, расположенных в черте городской агломерации и оснащенных компактными городскими интермодальными терминалами, работающими по технологии «кросс-докинг» (прямая перевалка груза из вагона в автомобиль).

Внедрение технологии ускоренных грузовых перевозок позволит в условиях Московского узла обеспечить высокий уровень логистического сервиса на железнодорожном транспорте и бесшовную перевозку грузов до наиболее близких к грузополучателю грузовых терминалов. Для этого требуется наличие контейнер-

ных терминалов, способных обслуживать транзитные грузовые поезда, прибывающие на грузовой фронт поездам по порядку непосредственно с перегона [13–15]. Также необходимо наличие на рынке определенного объема интермодальной тары.

Важным направлением работы участников перевозочного процесса совместно с органами власти в таких условиях является популяризация использования современных логистических решений грузоотправителями (PR-активность), в том числе в сфере перевозок грузов, слабо подверженных контейнеризации (скоропортящиеся грузы, отходы, строительные грузы, сборные грузы и др.).

Для обеспечения высокого качества логистических услуг требуется выстраивание системы управления грузопотоками в единой синхромодальной системе, основными отличительными особенностями которой являются:

- наличие центра принятия решений об изменении маршрутов проследования грузопотоков и используемых терминалов;
- наличие трех уровней управления грузопотоками на узловом уровне: оперативного, планового и стратегического;
- использование трех основных видов транспорта (железнодорожного, речного, автомобильного) исходя из их рациональной сферы применения в Центральном транспортном узле.

Особняком в перспективах развития ЦТУ стоят потребности потребителей массовых строительных грузов (главным образом НСМ), чувствительных к стоимости доставки. На примере МЖУ можно констатировать факт зависимости логистических потоков нерудных строительных материалов от стоимости доставки и перевалки. Месторождения песка расположены в Московском и соседних регионах, вывоз осуществляется автотранспортом. Часть песка, добытого русловым способом, доставляется в речные порты. Щебень из-за отсутствия вблизи Москвы месторождений доставляется преимущественно железнодорожным, реже речным транспортом. С определенной периодичностью, из-за неравномерности потребления НСМ в течение года, рынок нерудных строительных материалов испытывает турбулентность. Неожиданное повышение себестоимости доставки щебня, например, из-за скачка цен на рынке аренды вагонов (а щебневые трейдеры не заключают долгосрочных контрактов на аренду вагонов из-за специфики рынка) может привести к 20%-му росту стоимости щебня у конечного потребителя.

На основании анализа данных об объемах ввоза строительных грузов можно сделать вывод о наличии ярко выраженной внутригодовой неравномерности таких перевозок. В этих условиях существует потребность в выстраивании максимально дешевой технологии доставки щебня и других видов НСМ до грузополучателей железнодорожным и водным транс-

портом к черте ЦТУ и последующей доставки до грузополучателей железнодорожным и автомобильным транспортом. Необходимо задействовать складские емкости и специализированную терминальную инфраструктуру.

Параллельно с развитием логистики доставки НСМ существует потребность разработки интермодальных решений в сфере перевозки сортированных и несортированных видов отходов, генерируемых Московской агломерацией. Уже предпринимались попытки налаживания таких перевозок в полувагонах с несколькими мусоросортировочных комплексов Москвы и области, но они столкнулись с протестами со стороны местных жителей.

Выводы

Московская агломерация является динамично развивающимся регионом Российской Федерации. Интенсивное социально-экономическое развитие Московского региона ставит перед железнодорожным транспортом новые задачи, решением которых может стать комплекс технико-технологических и инфраструктурных мероприятий. Необходимость совмещения в рамках одной инфраструктуры пассажирских и грузовых перевозок повышает актуальность внедрения инновационных логистических технологий доставки грузов и снижает привлекательность классических методов. Представленные в исследовании направления развития железнодорожной логистики Центрального транспортного узла актуальны и отвечают современным представлениям об организации цепей поставок в крупных агломерациях. **ИТ**

Список литературы

1. Роменский Д. Ю. Пригородно-городские железнодорожные пассажирские перевозки на диаметральном маршруте крупных транспортных узлов (на примере Московского транспортного узла) : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.08 / Роменский Дмитрий Юрьевич. М., 2021. 240 с.
2. Роменский Д. Ю., Калинин К. А. Пропуск электропоездов диаметральных маршрутов через центральную часть транспортных узлов // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2021. № 2 (57). С. 24–32. ISSN 1815–9265. DOI: 10.52170/1815–9265_2021_57_24.
3. Санкт-Петербургский транспортный узел: перспективы развития / С. П. Вакуленко, А. В. Колин, Д. Ю. Роменский [и др.]; Российский университет транспорта РУТ (МИИТ). Ч. 1. М. : Всероссийский институт научной и технической информации РАН, 2020. 192 с. ISBN 978-5-902928-87-4.
4. Вакуленко С. П., Куренков П. В., Роменский Д. Ю., Калинин К. А., Роменткая М. В. Грузовая деревня как новый этап развития ТЛЦ // Железнодорожный транспорт. 2022. № 10. С. 4–9. ISSN 0044–4448.
5. Куренков П. В. Симплициальные и мультиплициальные комплексы в мультимодальных транспортных системах // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2021. № 1 (25). С. 21–34. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/simplitsialnye-i-multiplitsialnye-kompleksy-v-multimodalnyh-transportnyh-sistemah>.
6. Московский транспортный узел: перспективы развития / С. П. Вакуленко, А. В. Колин, Д. Ю. Роменский [и др.]; Российский университет транспорта (МИИТ). Ч. III. М. : Всероссийский институт научной и технической информации РАН, 2020. 208 с. ISBN 978-5-902928-88-1.
7. Роменский Д. Ю., Калинин К. А., Роменская М. В. Перспективы перераспределения экспортных грузопотоков между железнодорожным и речным транспортом

References

1. Romensky D. Yu. Suburban-urban railway passenger transportation on diametrical routes of major transport hubs (on the example of the Moscow transport hub): diss. ... e of Candidate of Technical Sciences: 05.22.08 / Romensky Dmitry Yuryevich. M., 2021. 240 p.
2. Romenskiy D. Yu., Kalinin K. A. The passage of electric trains of diametrical routes through the central part of transport hubs // Bulletin of the Siberian State University of Railway Transport. 2021. No. 2 (57). P. 24–32. ISSN 1815–9265. DOI: 10.52170/1815–9265_2021_57_24.
3. St. Petersburg Transport Hub: prospects for development / S. P. Vakulenko, A. V. Kolin, D. Y. Romensky [et al.]; Russian University of Transport RUT (MIIT). Part 1. Moscow: All-Russian Institute of Scientific and Technical Information of the Russian Academy of Sciences, 2020. 192 p. ISBN 978-5-902928-87-4.
4. Vakulenko S. P., Kurenkov P. V., Romensky D. Yu., Kalinin K. A., Romentskaya M. V. Cargo village as a new stage of TLC development // Railway transport. 2022. No. 10. P. 4–9. ISSN 0044–4448.
5. Kurenkov P. V. Simplicial and multiplicial complexes in multimodal transport systems // Intelligent technologies in transport. 2021. No. 1 (25). P. 21–34. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/simplitsialnye-i-multiplitsialnye-kompleksy-v-multimodalnyh-transportnyh-sistemah>.
6. Moscow Transport Hub: prospects for development / S. P. Vakulenko, A. V. Kolin, D. Y. Romensky [et al.]; Russian University of Transport (MIIT). Part III. M. : All-Russian Institute of Scientific and Technical Information of the Russian Academy of Sciences, 2020. 208 p. ISBN 978-5-902928-88-1.
7. Romensky D. Yu., Kalinin K. A., Romenskaya M. V. Prospects for the redistribution of export cargo flows between rail and river transport at the eastern landfill //

- том на восточном полигоне // Логистика — евразийский мост: материалы XVI Международной научно-практической конференции. Красноярск : КГАУ, 2021. С. 154–158. ISBN 978-5-94617-493-0.
8. Синхромодалные перевозки на Восточном полигоне с использованием съемных кузовов / С. П. Вакуленко, Д. Ю. Роменский, К. А. Калинин [и др.] // XIV Всероссийская мультиконференция по проблемам управления МКПУ-2021: материалы XIV мультиконференции в 4 томах. Т. 4. Ростов-на-Дону — Таганрог : Южный федеральный университет, 2021. С. 111–114. ISBN 978-5-9275-3852-2.
 9. Тимкова А. Ю., Шорохова Л. С., Ефимов Р. А. Потенциал рынка логистических услуг: проблемы и перспективы развития // Славянский форум. 2021. № 3 (33). С. 156–161.
 10. Вакуленко С. П., Насыбуллин А. М., Айсина Л. Р., Роменский Д. Ю., Мехедов М. И. Новый взгляд на технологию контейнерных перевозок железнодорожным транспортом // Техника и технология транспорта. 2022. № 1 (24). eISSN 2541–8157.
 11. Вакуленко С. П. Инновационные технологии грузовых перевозок железнодорожным транспортом : учебник для специалистов / С. П. Вакуленко, М. Н. Прокофьев, Н. Ю. Евреенова; под ред. кандидата технических наук, профессора С. П. Вакуленко. М. : Всероссийский институт научной и технической информации РАН, 2022. 184 с. ISBN 978-5-902928-94-2.
 12. Колин А. В., Котов В. А. Возможности скоростной перевозки грузов: эксплуатационная работа // Железнодорожный транспорт. 2008. № 3. С. 20–23. ISSN 0044–4448.
 13. Роменский Д. Ю., Шведин К. И., Насыбуллин А. М., Роменская М. В. Критерии выбора железнодорожных станций для размещения грузовых терминалов по обработке контейнерных поездов «Холодный экспресс» // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2021. Т. 80, № 2. С. 100–107. ISSN 2223–9731. DOI 10.21780/2223-9731-2021-80-2-100-107.
 14. Вакуленко С. П., Роменский Д. Ю., Мехедов М. И., Гавриленков А. А. Технология «Холодный экспресс» — основа будущих технологий перевозочного процесса // Логистический аудит транспорта и цепей поставок: материалы III международной научно-практической конференции, Тюмень, 28 апреля 2020 года / отв. ред. С. А. Эртман. Т. 1. Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2020. С. 44–49.
 15. Вакуленко С. П., Мехедов М. И., Насыбуллин А. М., Айсина Л. Р., Роменская М. В. Схемные решения контейнерных площадок для обслуживания поездов сервиса «Холодный экспресс» // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2021. № 9. С. 19–25. ISSN 0236–1914. DOI 10.36535/0236-1914-2021-09-3.
- Logistics — Eurasian Bridge: materials of the XVI International Scientific and Practical Conference. Krasnoyarsk : KGAU, 2021. P. 154–158. ISBN 978-5-94617-493-0.
8. Synchromodal transportation at the Eastern landfill using removable bodies / S. P. Vakulenko, D. Y. Romensky, K. A. Kalinin [et al.] // XIV All-Russian multi-conference on management problems of the MCPU-2021: materials of the XIV multi-conference in 4 volumes. Vol. 4. Rostov-on-Don — Taganrog: Southern Federal University, 2021. P. 111–114. ISBN 978-5-9275-3852-2.
 9. Timkova A. Yu., Shorokhova L. S., Efimov R. A. The potential of the logistics services market: problems and prospects of development // Slavic Forum. 2021. No. 3 (33). P. 156–161.
 10. Vakulenko S. P., Nasybullin A. M., Aisina L. R., Romensky D. Yu., Mekhedov M. I. A new look at the technology of container transportation by rail // Technique and technology of transport. 2022. No. 1 (24). eISSN 2541–8157.
 11. Vakulenko S. P. Innovative technologies of freight transportation by rail : textbook for specialists / S. P. Vakulenko, M. N. Prokofiev, N. Y. Evreenova; edited by Candidate of Technical Sciences, Professor S. P. Vakulenko. M. : All-Russian Institute of Scientific and Technical Information RAS, 2022. 184 p. ISBN 978-5-902928-94-2.
 12. Kolin A. V., Kotov V. A. Possibilities of high-speed cargo transportation: operational work // Railway transport. 2008. No. 3. P. 20–23. ISSN 0044–4448.
 13. Romenskiy D. Yu., Shvedin K. I., Nasybullin A. M., Romenskaya M. V. Criteria for choosing railway stations for placing cargo terminals for handling container trains «Cold Express» // Bulletin of the Research Institute of Railway Transport. 2021. Vol. 80, No. 2. P. 100–107. ISSN 2223–9731. DOI 10.21780/2223-9731-2021-80-2-100-107.
 14. Vakulenko S. P., Romensky D. Yu., Mehedov M. I., Gavrilencov A. A. Technology «Cold express» — the basis of future technologies of the transportation process // Logistics audit of transport and supply chains: materials of the III International scientific and practical conference, Tyumen, April 28, 2020 / ed. S. A. Ertman. T. 1. Tyumen : Tyumen Industrial University, 2020. P. 44–49.
 15. Vakulenko S. P., Mehedov M. I., Nasybullin A. M., Aisina L. R., Romenskaya M. V. Schematic solutions of container platforms for servicing trains of the Cold Express service // Transport: science, technology, management. Scientific information collection. 2021. No. 9. P. 19–25. ISSN 0236–1914. DOI 10.36535/0236-1914-2021-09-3.



Дмитрий Германович Неволин

Dmitry G. Nevolin



Алексей Алексеевич Цариков

Aleksey A. Tsarikov



Виктор Григорьевич Бондаренко

Viktor G. Bondarenko



Александр Витальевич Склянный

Alexander V. Sklyanny

Оптимизация маршрутной сети городского пассажирского транспорта на примере трамвайного движения города Екатеринбурга

Optimization of the route network of urban passenger transport by the example of Yekaterinburg tram traffic

Аннотация

В статье проведен анализ трамвайного движения в городе Екатеринбурге, выявлены дублирующие друг друга маршруты. На основе проведенного анализа разработана новая схема трамвайного движения с учетом ввода в эксплуатацию новых линий. Предложено новое расписание движения вагонов, снижающее время ожидания подвижного состава.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, городской общественный транспорт, транспортная сеть, трамвайное движение, Екатеринбург.

Abstract

The article analyzes the tram traffic in the city of Yekaterinburg, identifies duplicate routes. Based on the analysis, a new tram traffic scheme has been developed, taking into account the commissioning of new lines. A new timetable for the movement of wagons has been proposed, which reduces the waiting time for rolling stock.

Keywords: carriage of passengers, urban passengers transport, transport network, tram traffic, Yekaterinburg.

Авторы Authors

Дмитрий Германович Неволин, д-р техн. наук, действительный член Российской академии транспорта, профессор кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: innotrans@mail.ru | **Алексей Алексеевич Цариков**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: Zarikof@mail.ru | **Виктор Григорьевич Бондаренко**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: viktorbondarenko73@mail.ru | **Александр Витальевич Склянный**, магистрант Уральского государственного лесотехнического университета (УЛТУ), Екатеринбург; e-mail: caami@mail.ru

Dmitry G. Nevolin, Doctor of Technical Science, Full member of the Russian Academy of Transport, Professor of the Chair "Design and Operation of Automobiles" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: innotrans@mail.ru | **Aleksey A. Tsarikov**, Candidate of technical sciences, Associate Professor of "Design and Operation of Automobiles" of Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg e-mail: Zarikof@mail.ru | **Viktor G. Bondarenko**, Candidate of technical sciences, Associate Professor of "Design and Operation of Automobiles" of Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg, e-mail: viktorbondarenko73@mail.ru | **Alexander V. Sklyanny**, Student in Master's Program, Ural state forestry university (USFU), Yekaterinburg, e-mail: caami@mail.ru

В последние несколько лет в крупных и крупнейших городах России происходят положительные изменения в сфере общественного транспорта: обновление подвижного состава по национальному проекту «Безопасные и качественные автодороги», модернизация маршрутов городского пассажирского транспорта с учетом современных пассажиропотоков и схем обслуживания. Аналогичные явления в области пассажирского транспорта можно увидеть и в городе Екатеринбурге. Так, за последние годы парк муниципального общественного транспорта обновился более чем 250 низкопольными автобусами, работающими на сжатом газе. Одновременно с этим городская администрация планирует в ближайшее время обновить троллейбусный парк. Подвижной состав с увеличенным автономным ходом, который планирует закупить администрация, позволит троллейбусам отклоняться от линий электропитания и обслуживать новые районы города [1].

Наиболее существенным изменением в работе городского пассажирского транспорта Екатеринбурга можно считать строительство новых трамвайных линий. В сентябре 2022 г. была введена в эксплуатацию трамвайная линия Екатеринбург — Верхняя Пышма. Одновременно с этим ведется строительство еще двух линий, которые свяжут трамвайным движением районы Солнечный и Академический.

Примечательно, что все три вышеперечисленные трамвайные линии позволят связать периферийные районы города с центральной его частью. При этом последняя трамвайная линия, связавшая центр города с периферийным районом, была введена в эксплуатацию в далеком 1981 г. (трамвайная линия по улице Викулова).

Появление новых направлений, которые сможет обслуживать городской электрический транспорт, приведет к конкуренции уже существующих автобусных и новых троллейбусных маршрутов, что в конечном итоге снизит их экономические показатели. Столь серьезные трансформации в работе городского пассажирского транспорта требуют изменения схемы организации маршрутов и оптимизации всей маршрутной сети.

При оптимизации маршрутной сети любого города в первую очередь необходимо корректировать маршруты наименее гибких видов пассажирского транспорта. В случае Екатеринбурга — это трамвай. Как известно, маршруты трамвая привязаны к существующим рельсовым путям и позволяют проектировать их только в рамках доступной сети.

Как указывалось ранее, ввод в эксплуатацию трамвайных путей в Верхнюю Пышму увеличил протяженность сети и возможности организации маршрутов. Одновременно с этим организация нового межмуниципального маршрута № 333 не оправдала ожидания заказчиков. Объем перевозок пассажиров по данному маршруту оказался достаточно низким, чтобы оправдать строительство линии и эксплуатацию маршрута.

Основной причиной низкого пассажиропотока маршрута № 333 является отсутствие точек притяжения и пассажирооборота по его протяженности. Иными словами, маршрут начинается на окраине Верхней Пышмы и заканчивается на въезде в Екатеринбург, проходя вдоль малоэтажной застройки и пустырей.

Еще одной причиной низкого пассажиропотока трамвая в Верхнюю Пышму можно считать наличие дублирующих маршрутов автобусов. Параллельно маршруту трамвая № 333 организовано множество автобусных маршрутов, которые соединяют Екатеринбург с такими населенными пунктами, как Среднеуральск, Верхняя Пышма, Кедровое, Красный, Зеленый Бор, Березит. Данные маршруты гораздо длиннее трамвайного, что позволяет им генерировать больший объем пассажирских перевозок.

В сложившейся ситуации для улучшения транспортно-эксплуатационных показателей трамвайный маршрут № 333 необходимо продлить вглубь Екатеринбурга. Это позволит дополнительно привлечь пассажиров, перемещающихся внутри Екатеринбурга.

Анализ транспортных корреспонденций из Верхней Пышмы в Екатеринбург показал, что наибольшее число пассажиров перемещается в центральную часть города в направлении «Втузгородка» и в районы промышленных предприятий по пр. Космонавтов и ул. Фронтальных Бригад (рис. 1). Данные результаты говорят о необходимости продления маршрута № 333 по проспекту Космонавтов и улице Луначарского до конечной в Центральном парке культуры и отдыха им. В. В. Маяковского.

Еще один перспективный маршрут из Верхней Пышмы предлагается организовать через «Втузгородок» в направлении микрорайона ЖБИ. Данный маршрут (№ 335) можно создать на базе существующего маршрута № 5 за счет его продления до Верхней Пышмы (рис. 1).

Сложные вопросы возникают в связи со сдачей в эксплуатацию столь долгожданной трамвайной линии в Академический район. Этот маршрут свяжет Академический с конечной остановкой трамвая по ул. Волгоградской, где пассажиры смогут пересечь на другие маршруты. Однако реализация данной идеи может привести к отрицательным последствиям. Во-первых, платить за пересадку на Волгоградской пассажиры однозначно откажутся, поскольку это увеличит в два раза стоимость их поездок. Во-вторых, высадка пассажиров из Академического на Волгоградской потребует огромного пространства для размещения пассажиров, ожидающих трамвая. Количество ожидающих пассажиров может увеличиться примерно в 10–15 раз — это неприемлемо с точки зрения безопасности движения, а также качества обслуживания пассажиров.

По мнению авторов, оптимальным вариантом для транспортного обслуживания жителей района Академический является продление уже существующих трам-

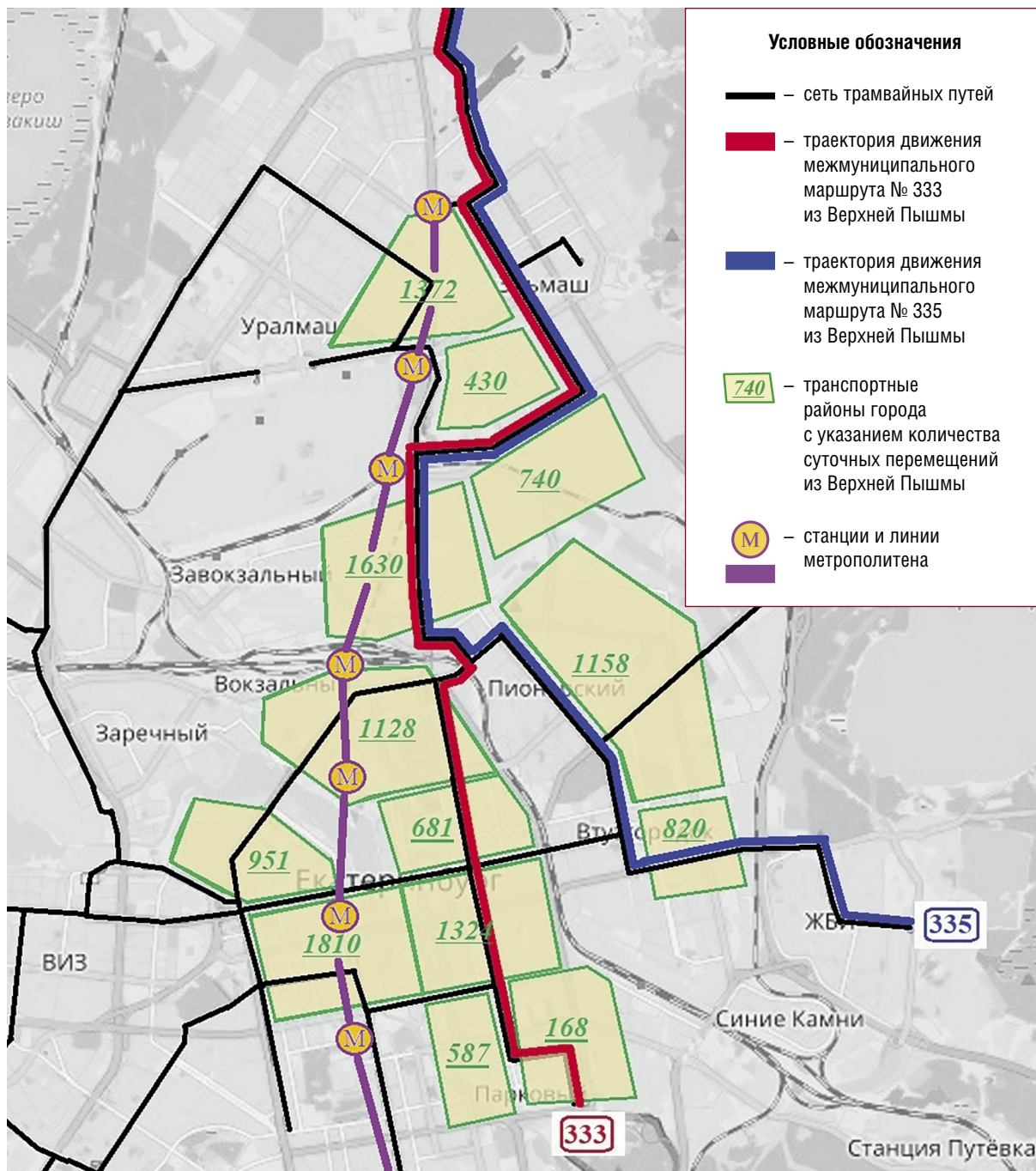


Рис. 1. Схема трамвайных маршрутов, предлагаемых к организации из Верхней Пышмы, с указанием количества суточных транспортных корреспонденций

важных линий. Сюда стоит отнести маршруты № 2, 18, 19, 26, 33. Организовать новые маршруты с Академического в центр города крайне проблематично. На данный момент трамвайная сеть центральной части Екатеринбурга перегружена вагонами и требует строительства новых дублирующих линий. Организация нового маршрута через центр подразумевает увеличение интенсивности движения трамвайных вагонов, что приве-

дет к дальнейшей перегрузке сети в центре и снижению скорости движения подвижного состава.

Как видно из рис. 2, продление существующих трамвайных маршрутов позволит связать район Академический с основными внутригородскими районами. Для нового района особенно актуальна прямая транспортная связь с центром города — именно здесь расположена основная доля рабочих мест жителей Академического.

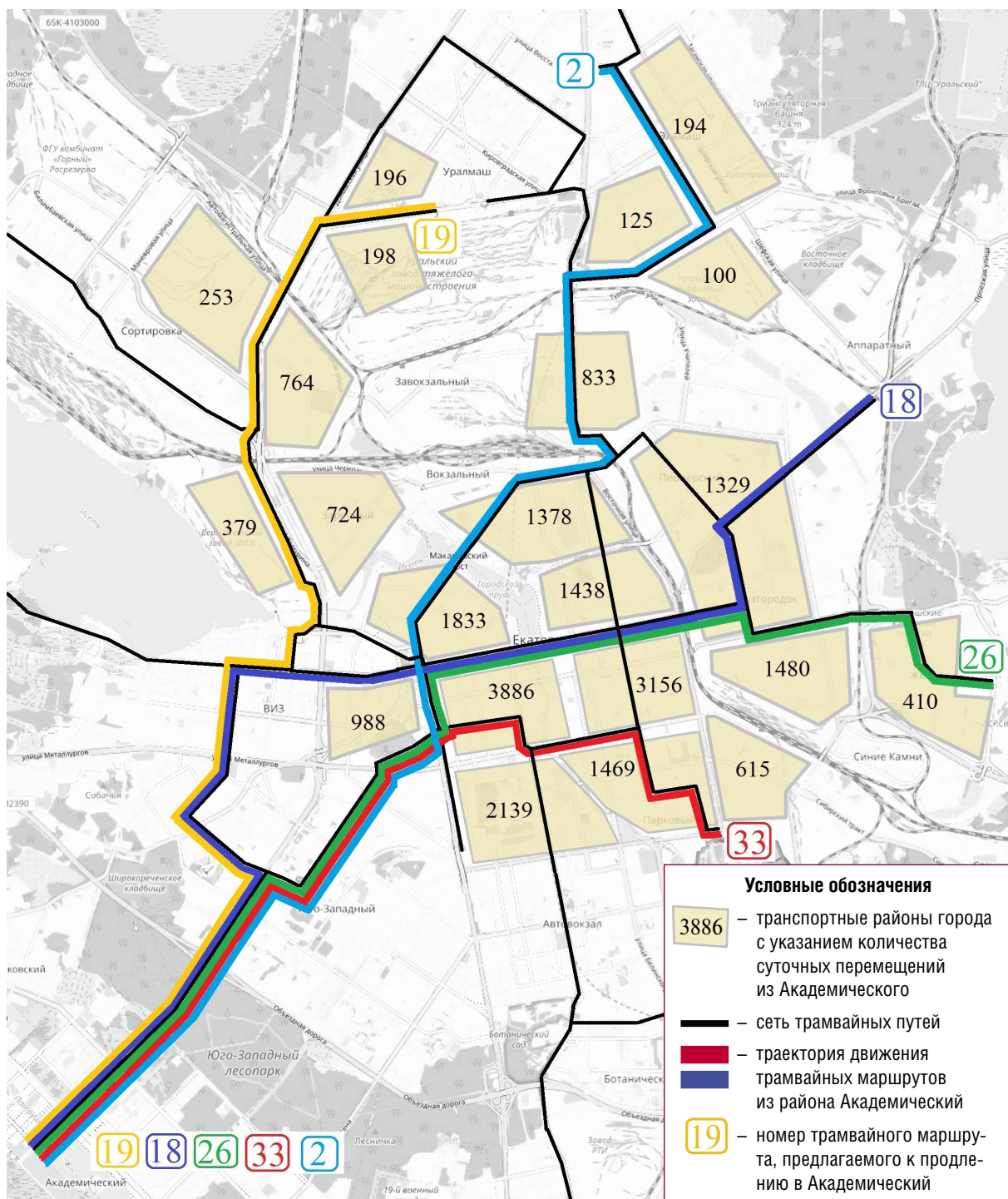


Рис. 2. Схема трамвайных маршрутов, предлагаемых к организации из района Академический, с указанием количества суточных транспортных корреспонденций

Необходимо отметить, что Академический район на данный момент достиг численности населения в 120 тысяч жителей и продолжает расти. Столь крупный район генерирует высокий пассажиропоток для трамвайного движения и потребует использования достаточно большого количества вагонов, в то вре-

мя как «Екатеринбурггортранс» значительно ограничен в ресурсах, особенно это касается трамвайных вагонов. В Екатеринбурге на данный момент эксплуатируется 455 трамвайных вагонов, размещенных в трех депо [2]. Даже если администрация города сможет купить новые вагоны для нужд города, обеспечить их ме-

стами для хранения подвижного состава не представляется возможным. Трамвайному хозяйству города необходимо новое трамвайное депо вместимостью 100–150 вагонов. Учитывая тот факт, что в ближайшие 3–5 лет новое депо не будет построено, руководство «Екатеринбурггортранс» будет вынуждено перераспределять трамвайные вагоны между маршрутами. На некоторых маршрутах (особенно в Академическом) количество вагонов придется увеличить, где-то уменьшить, а от ряда маршрутов придется попросту отказаться. Это может привести к негативным последствиям. С одной стороны, Екатеринбургский трамвай потеряет определенный объем пассажиров, а вместе с ним солидный доход. С другой стороны, жители города могут быть крайне недовольными при закрытии маршрутов.

Для оптимизации маршрутной сети трамвая в первую очередь необходимо провести анализ дублируемости маршрутов. В практике организации городских пассажирских перевозок степень дублируемости маршрутов обычно разделяют на четыре отдельные группы:

- 1) дублируется менее 30 % протяженности маршрута;
- 2) 30–50 %;
- 3) 50–75 %;
- 4) 75 % и более.

Дублируемость маршрутов на участке в 75 % и более считается крайне нежелательной и требует от транспортных предприятий отмены или корректировки траектории одного из маршрутов.

В Екатеринбурге ряд трамвайных маршрутов дублируют друга на достаточно большом протяжении (рис. 3).

Как видно из рис. 3, трамвайные маршруты № 14 и 25 практически полностью повторяют друг друга. Фактически их траектории движения отличаются всего на две остановки. Схожая ситуация наблюдается на маршрутах № 8 и 22, а также № 12 и 13.

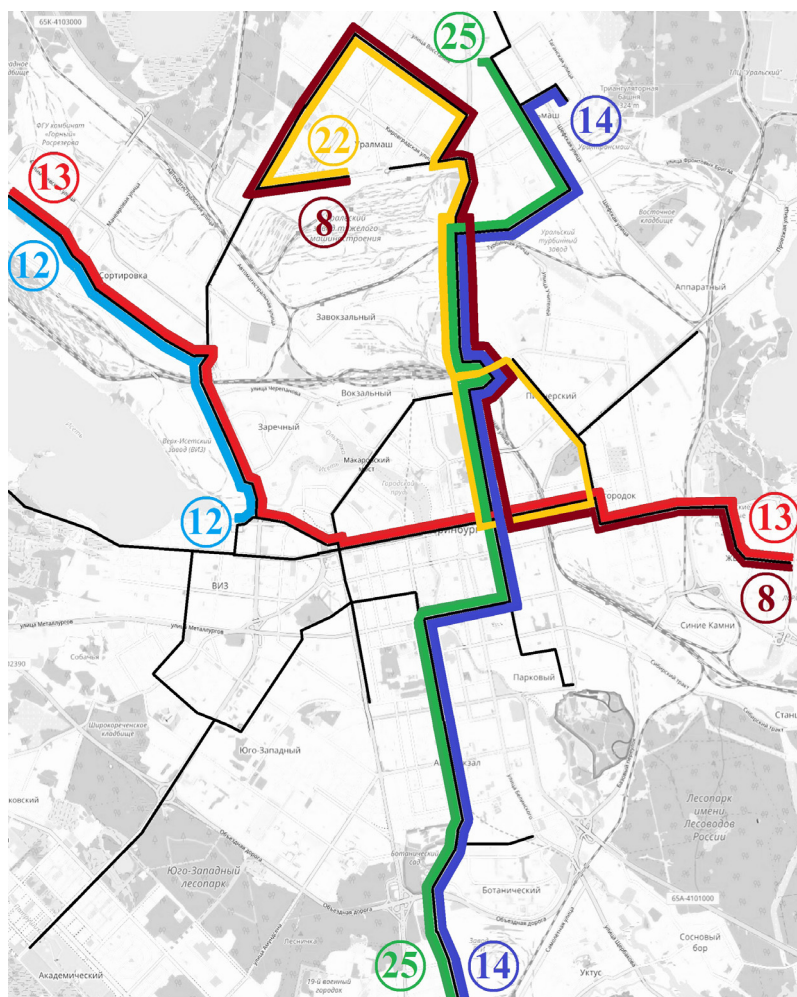


Рис. 3. Схема трамвайных маршрутов города Екатеринбурга, которые дублируются на 75 % протяженности

С учетом вышеперечисленных факторов проведен анализ существующей маршрутной сети трамваев в Екатеринбурге в части дублируемости маршрутов. Результаты представлены в табл. 1.

На основе данных о дублируемости трамвайных маршрутов между собой (табл. 1), с учетом существующих пассажиропотоков и матрицы корреспонденций между районами Екатеринбурга предложена новая схема организации трамвайных маршрутов. Перечень маршрутов представлен в табл. 2.

Предлагается исключить из эксплуатации 6 маршрутов, 13 продлить до некоторых районов города и только 12 маршрутов оставить без из-

менений. Результаты корректировки приведут к частичной смене нумерации. Новые маршруты трамваев получают нумерацию от 1 до 19.

В настоящее время администрация Екатеринбурга проводит транспортную реформу, в результате которой номера маршрутов 1–19 будут закреплены за трамваями, № 20–39 — за троллейбусами, № 40–99 — за автобусами.

Уменьшение количества маршрутов, с одной стороны, позволит организовать обслуживание новых районов города, а с другой — снизить интервалы между вагонами в пиковые и межпиковые периоды. Наиболее востребованные маршруты получат интервалы в 10–12 минут в час пик.

Показатели дублируемости трамвайных маршрутов в Екатеринбурге

№ маршрута	Степень дублируемости		
	30-50 %	50-75 %	более 75 %
1	9, 14, 15, 19, 25, 27	3, 21	–
2	8, 16, 18	7, 14	–
3	1, 10, 27, 32	–	–
4	9, 15, 18, 20, 32	14, 25	–
5	1, 3, 7, 14, 15, 21, 25, 32	27	–
6	3, 10, 13, 19, 21	23	–
7	2, 5, 10, 13, 14, 16, 23, 25	–	–
8	13, 15	–	22
9	1, 4, 15	27	14, 25
10	3, 6, 33	7, 13	–
13	6, 8, 15, 18, 23	7, 10	–
14	2, 7, 16	9, 27	25
15	1, 5, 8, 9, 13, 14, 25, 32	27	–
16	17, 20, 22, 25	2, 7, 14	–
17	7, 14, 16, 24	8, 22	–
18	2, 6, 15, 27	4, 13, 26	–
19	1, 3, 21	6, 23	–
20	4, 6, 14, 16, 22, 25, 26	3, 21, 32	–
21	1, 10, 27, 32	–	–
22	2, 14, 17, 25, 26, 32	–	8
23	6, 7, 13, 19	32	–
24	6, 7, 8, 10, 13, 17, 22	–	–
25	1, 2	9, 27	14
26	2, 3, 8, 13, 15, 18, 20, 21, 23, 27, 32	22	–
27	1, 5, 32, 34	9, 14, 15, 25	–
32	3, 5, 14, 15, 20, 21	23	–
33	6, 20	9, 32	3, 10, 21
34	1, 15	–	9, 14, 25, 27

Таблица 2

Основные предложения по изменению маршрутной трамвайной сети Екатеринбурга

№ маршрута	Новый номер маршрута	Маршрут следования	Протяженность маршрута, км	Кол-во вагонов на линии в час пик	Интервал движения в час пик, мин	Примечание
1	1	Вторчермет — Семь Ключей	44,8	15	15,0	Маршрут остается без изменения
2	2	Академический — Фрезеровщиков	38	15	15,0	Маршрут продляется до Академического
3	3А	ЦПКиО — ВИЗ	22,2	7	15,0	Маршрут остается без изменения
4	4А	Солнечный — Шарташ	37	24	12,0	Маршрут продляется до Солнечного
5	335	Верхняя Пышма — 40 лет ВЛКСМ	44	14	12,0	Маршрут продляется до Верхней Пышмы
6	6	ЦПКиО — Машиностроителей	27,6	18	12,0	Маршрут остается без изменения
7	7	Семь Ключей — Эльмаш	37,6	10	15,0	Маршрут остается без изменения
8	8	Машиностроителей — 40 лет ВЛКСМ	37,6	23	10,0	В связи с отменой маршрута 22 увеличивается количество вагонов на линии
9	4Б	ЦПКиО — Солнечный	28	6	15,0	Маршрут продляется до Солнечного
10	10	ЦПКиО — Семь Ключей	27,4	18	12,0	Маршрут остается без изменения
11	11	Метро Ботаническая — Зеленый остров	31	6	15,0	Маршрут продляется до метро «Ботаническая»
12	–	Семь Ключей — ВИЗ	–	–	–	Маршрут отменяется в связи со 100%-м дублированием маршрута № 13
13	13	Семь Ключей — 40 лет ВЛКСМ	32,2	24	10,0	Маршрут остается без изменения
14	–	Керамическая — Эльмаш	–	–	–	Маршрут отменяется
15	15	Вторчермет — 40 лет ВЛКСМ	33,6	18	12,0	Маршрут остается без изменения
16	16	Шарташ — Эльмаш	21,8	4	15,0	Маршрут остается без изменения
17	17	Семь Ключей — Эльмаш	36,5	7	15,0	Маршрут продляется до Семи Ключей
18	18	Академический — Шарташ	36,2	21	10,0	Маршрут продляется до Академического
19	19	Академический — Машиностроителей	33,8	11	12,0	Маршрут продляется до Академического
20	–	ЦПКиО — Шарташ	–	–	–	Маршрут отменяется в связи с продлением маршрута № 333
21	3Б	ЦПКиО — Волгоградская	22,2	8	15,0	Маршрут остается без изменения

№ маршрута	Новый номер маршрута	Маршрут следования	Протяженность маршрута, км	Кол-во вагонов на линии в час пик	Интервал движения в час пик, мин	Примечание
22	–	Машиностроителей — УПИ — Машиностроителей	–	–	–	Маршрут отменяется по причине дублирования с маршрутом № 8
23	5	40 лет ВЛКСМ — Машиностроителей	37,8	9	15,0	Маршрут остается без изменения
24	–	Пл. 1-й Пятилетки — Семь Ключей	–	–	–	Маршрут сливается с маршрутом № 17
25	14	Керамическая — Фрезеровщиков	42	22	10,0	В связи с отменой маршрута № 14 увеличивается количество вагонов на линии
26	9А	Академический — 40 лет ВЛКСМ	32,5	28	10,0	Маршрут продляется до Академического и ЖБИ
27	К	Керамическая — Пл. 1-й Пятилетки	43,2	11	15,0	Маршрут продляется до Площади 1-й Пятилетки
32	12	40 лет ВЛКСМ — Дворец спорта	27,2	8	15,0	Маршрут остается без изменения
333	333	ЦПКИО — Верхняя Пышма	41,7	15	15,0	Маршрут продляется до ЦПКИО
33	9Б	ЦПКИО — Академический	24,5	9	15,0	Маршрут продляется до Академического
34	–	Керамическая — Метро «Ботаническая»	–	–	–	Маршрут отменяется

Примечание: белый цвет — маршруты, не планируемые к изменению; зеленый цвет — маршруты, планируемые к продлению; красный цвет — маршруты, планируемые к закрытию.

Для того чтобы оценить степень влияния решений, предложенных авторами, необходимо рассчитать основные показатели маршрутной сети. Показателем, по которому судят о степени насыщенности транспортной сети маршрутами, является маршрутный коэффициент K_M , который определяется как отношение суммарной длины маршрутов к длине транспортной сети:

$$K_M = \frac{\sum L_M}{2 \cdot L_C},$$

где L_M — длина маршрута, км; L_C — длина транспортной сети, измеренная по оси улиц, на которых организовано движение общественного транспорта (в нашем случае — протяженность трамвайной сети города), км.

Для существующей трамвайной маршрутной сети Екатеринбурга этот показатель равен:

$$K_M = \frac{\sum L_M}{2 \cdot L_C} = \frac{809,1}{2 \cdot 102,6} = 3,94.$$

Отечественные специалисты рекомендуют принимать значение коэффициента маршрутизации K_M в пределах от 1,5 до 4 единиц [3–5]. При этом чем меньше численность населения города, тем меньшее значение должен иметь данный коэффициент.

Строительство трамвайных линий за несколько лет позволит увеличить общую протяженность сети до 108,7 км. Однако соизмеримые по численности населения города в Европе имеют гораздо разветвленную сеть пассажирского транспорта, в том числе трамвая. Так, в Праге трамвайная сеть имеет протяженность 142,7 км [6]. Поэтому Екатеринбургу в ближайшие 10 лет для нормального обслуживания населения периферийных районов необходимо построить еще 40–50 км трамвайных линий.

В условиях ограниченного финансирования именно трамвайная сеть может стать настоящим спасением для жителей города. Как указано в [7, 8], трамвайное движение наиболее эффективно для пассажиропотоков в пределах от 3000 до 7000 пассажиров в час в одном направлении. При этом одновременно с высокой

провозной способностью трамвайная сеть имеет высокую долю обособленных участков. В Екатеринбурге после сдачи в эксплуатацию трамвайных линий в районах Академический и Солнечный доля обособленных линий достигнет значения 77 %.

В заключение необходимо отметить, что маршрутная схема городского пассажирского транспорта Екатеринбурга требует дальнейших, более кардинальных

изменений. В развитых странах большое распространение получают схемы маршрутной сети, организованные с учетом бесплатных пересадок [9, 10]. Именно такие схемы позволяют минимизировать время перемещения пассажира из одной точки в другую. При этом снижаются эксплуатационные затраты перевозчиков по сравнению с действующими в России системами пассажирского транспорта. **ИТ**

Список литературы

1. Цариков А. А., Бондаренко В. Г., Склянный А. В. Троллейбусы с возможностью автономного хода и их влияние на проектирование маршрутной сети городского пассажирского транспорта // Инновационный транспорт. 2022. № 4 (46). С. 23–30. ISSN 2311–164X.
2. Без шума и пыли // Сетевое издание «Областная газета». URL: <https://www.oblgazeta.ru/society/auto/132152>.
3. Страментов А. Е., Сосянц В. Г., Фишельсон М. С. Городской транспорт и организация движения : учебное пособие. М. : Изд-во Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1960. С 68–69.
4. Приказ Минавтотранса РСФСР от 31.12.1981 № 200 «Об утверждении Правил организации пассажирских перевозок на автомобильном транспорте».
5. Цариков А. А., Бачинина А. В., Тапасева О. Ю., Пятанов М. С. Анализ основных показателей развития пассажирского транспорта больших и крупных городов России // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2017. № 1. С. 123–128.
6. Цариков А. А., Бачинина А. В., Тапасева О. Ю., Пятанов М. С. Сравнительный анализ развития городского пассажирского транспорта Екатеринбурга и Праги // Инновационный транспорт. 2017. № 4 (26). С. 11–19. ISSN 2311–164X.
7. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084712>
8. Методические указания по проектированию сетей общественного транспорта, улиц и дорог. Вып. 1. М. : ЦНИИП Градостроительства, 1968. 125 с.
9. Цариков А. А., Бондаренко В. Г., Пятанов М. С. Организация маршрутов городского пассажирского транспорта с учетом бесплатных пересадок // Инновационный транспорт. 2020. № 2 (36). С. 18–26. ISSN 2311–164X.
10. Цариков А. А. О принципах формирования и функционирования сети городского общественного транспорта в странах Европы // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XXIII Международной (XXVI Екатеринбургской, I Минской) научно-практической конференции. Минск : Изд-во БНТУ, 2017. С. 209–217.

References

1. Tsarikov A. A., Bondarenko V. G., Sklyany A. V. Trolleybuses with the possibility of autonomous running and their influence on the design of the route network of urban passenger transport // Innotrans. 2022. No. 4 (46). P. 23–30. ISSN 2311–164X.
2. No noise and dust // Online publication “Regional newspaper”. URL: <https://www.oblgazeta.ru/society/auto/132152>.
3. Stramentov A. E., Sosyants V. G., Fishelson M. S. Urban transport and traffic organization : textbook. M. : Publishing House of the Ministry of Public Utilities of the RSFSR, 1960. P. 68–69.
4. Order of the Ministry of Transport of the RSFSR dated 31.12.1981 No. 200 «On approval of the Rules for the organization of passenger transportation by road».
5. Tsarikov A. A., Bachinina A. V., Tapaseva O. Yu., Pyatanov M. S. Analysis of the main indicators of the development of passenger transport in large and large cities of Russia // Far East: problems of the development of the architectural and construction complex. 2017. No. 1. P. 123–128.
6. Tsarikov A. A., Bachinina A. V., Tapaseva O. Yu., Pyatanov M. S. Comparative analysis of the development of urban passenger transport in Yekaterinburg and Prague // Innotrans. 2017. No. 4 (26). P. 11–19. ISSN 2311–164X.
7. SP 42.13330.2011 Urban planning. Planning and development of urban and rural settlements. Updated version of SNiP 2.07.01–89*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084712>
8. Methodological guidelines for the design of public transport networks, streets and roads. Iss. 1. Moscow : TSNIIP of Urban Planning, 1968. 125 p.
9. Tsarikov A. A., Bondarenko V. G., Pyatanov M. S. Organization of urban passenger transport routes with free transfers // Innotrans. 2020. No. 2 (36). P. 18–26. ISSN 2311–164X.
10. Tsarikov A. A. On the principles of formation and functioning of the urban public transport network in Europe // Socio-economic problems of development and functioning of transport systems of cities and zones of their influence: materials of the XXIII International (XXVI Yekaterinburg, I Minsk) scientific and practical conference. Minsk : BNTU Publishing House, 2017. P. 209–217.



**Дмитрий
Владимирович
Каргапольцев**

**Dmitry V.
Kargapoltsev**



**Андрей
Евгеньевич
Калашников**

**Andrey E.
Kalashnikov**



**Руслан
Юсупович
Маигов**

**Ruslan Yu.
Maigov**

Оптимизация процесса учета инвентарных рельсов и рельсошпальной решетки с применением RFID-технологии

Optimization of inventory rails and rail-sleeper grid using RFID technology

Аннотация

В статье проанализирован существующий процесс отслеживания жизненного цикла инвентарных рельсов и рельсошпальной решетки в рамках Свердловской дирекции по ремонту пути. Выявлен ряд проблем, которые предлагается решить с применением RFID-технологии. Подчеркивается целесообразность автоматизации процесса учета рельсов, определены преимущества от внедрения. Актуальность темы обусловлена реализацией Стратегии цифровой трансформации ОАО «РЖД» и заинтересованностью компании в обеспечении прозрачности жизненного цикла материальных активов.

Ключевые слова: автоматизация, инновационная маркировка рельсов, учет инвентарных рельсов, радиочастотная метка, RFID-технологии, РЖД, Свердловская железная дорога, путевая машинная станция, звеносборочный цех.

Abstract

The article analyzes the existing process of tracing the life cycle of inventory rails and the rail-sleeper grid within the Sverdlovsk Directorate for Track Repair. A number of problems have been identified that are proposed to be solved using RFID technology. The expediency of automating the rail accounting process is emphasized, the advantages of implementation are determined. The relevance of the topic is due to the implementation of the Digital Transformation Strategy of JSC "Russian Railways" and the company's interest in ensuring transparency of the life cycle of tangible assets.

Keywords: automation, innovative rail marking, inventory rail accounting, radio frequency tag, RFID technologies, Russian Railways, Sverdlovsk Railway, track machine station, link assembly facility.

Авторы Authors

Дмитрий Владимирович Каргапольцев, старший преподаватель кафедры «Путь и железнодорожное строительство» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Андрей Евгеньевич Калашников, студент гр. СЖДт-528 строительного факультета Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Руслан Юсупович Маигов, главный инженер путевой машинной станции № 171, ОАО «РЖД», ст. Косулино

Dmitry V. Kargapoltsev, Senior Lecturer of "Railway Construction and Railway Track" Department of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | Andrey E. Kalashnikov, student of gr. SZhDT-528 of Construction Faculty of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | Ruslan Yu. Maigov, Chief Engineer of the track machine station No. 171, JSC "Russian Railways", Kosulino railway station



Рис. 1. Изношенная выпуклая маркировка на инвентарном рельсе



Рис. 2. Дополнительная маркировка краской

На сегодняшний день в Свердловской дирекции по ремонту пути (СДРП) существует проблема оперативного отслеживания актуального статуса инвентарных рельсов и рельсошпальной решетки (РШР), а также их электронного учета, который ведется как в рельсовой книге (ПУ-2), так и в единой корпоративной автоматизированной системе управления инфраструктурой (ЕК АСУИ). Суть проблемы заключается в том, что алгоритм действующего учета рельсов подразумевает занесение информации сначала на бумажный носитель, а затем дублирование в ЕК АСУИ. При этом информация зачастую может не соответствовать действительности по причине человеческого фактора. Такой же алгоритм используется и для учета смонтированной РШР.

Невозможность оперативного отслеживания местоположения и актуального статуса напрямую связана с текущей системой маркировки рельсов, которая регламентируется согласно ГОСТ Р 51685–2013 [1]. Данный стандарт требует нанесения заводской маркировки (выпуклой и наносимой клеймочной машиной), а также разрешает наносить дополнительную маркировку краской, что и делается в СДРП и ОАО «РЖД» в целом для внутрипроизводственного учета. Однако такая система имеет ряд недостатков:

1. Инвентарные рельсы состоят преимущественно из старогодных III группы годности (см. таблицу 2.1 [2]), их заводская маркировка со временем стирается, загрязняется и становится нечитаемой (рис. 1). Это затрудняет идентификацию, учет и увеличивает время приемки.

2. Дополнительная маркировка краской (рис. 2) практически неэффективна, так как происходит стирание такого типа обозначения, что в свою очередь приводит к тому, что рельсы не возвращаются на исходную звеноборочную базу.

3. Несогласованность обозначения рельсов в различных структурах ОАО «РЖД» затрудняет процесс их идентификации.

4. Идентификация рельсов становится невозможной вследствие неграмотных действий работников пути, не обращающих внимание на существующее положение маркировки.

Перечисленные выше проблемы идентификации рельсов приводят к тому, что жизненный цикл нарушается, обеспечить прозрачность процесса транспортировки практически невозможно, вследствие этого происходит сбой в системе учета той или иной структуры ОАО «РЖД».

В связи с этим необходимо разработать предложения по совершенствованию существующих методов учета и маркировки инвентарных рельсов, уменьшению влияния человеческого фактора, прозрачности технологических процессов и созданию подходящего программного обеспечения.

Кроме того, существующий алгоритм контроля жизненного цикла инвентарных рельсов (рис. 3) не позволяет оперативно (онлайн) отслеживать текущее местоположение рельса (РШР в том числе) и полноценно взаимодействовать со складами. Это связано с тем, что на этапе приемки производится только оценка состояния рельсов и подсчет пришедшего количества, а индивидуальная маркировка фиксируется лишь на этапе монтажа в РШР. Собранные звенья поступают на склад, затем их погружают при помощи кранов на специальные железнодорожные платформы и отправляют на временную укладку в путь. Спустя некоторое время происходит монтаж сварных рельсовых плетей со снятием инвентарных рельсов, которые должны вывезти на исходную ПМС. Цикл повторяется. В зимнее время, когда ремонтно-путевые работы не выполняются, звеноборочный цех не останавливается и продолжает производить сборку, заполняя склад, поэтому время, прошедшее между этапами, может достигать нескольких месяцев.

Чтобы устранить ранее описанные проблемы, предлагается оптимизировать алгоритм учета путем внедре-

ния комплекса решений на всех путевых машинных станциях СДРП:

1. Применение дополнительной маркировки, содержащей индивидуальный идентификационный код рельса, в основе которой используется радиочастотная идентификация (RFID).

2. Установка порталов, тоннелей со считывателями нанесенной маркировки на входе и выходе со склада и звеносборочного цеха, использование ручных считывателей, а также установка считывающего оборудования на подвижные единицы (укладочный кран, тележки, путеизмерительные вагоны и др.).

3. Интеграция в IT-инфраструктуру ОАО «РЖД» программного обеспечения, позволяющего автоматизировать учет и оперативно отслеживать актуальный статус рельсов и РШР, дающего возможность формирования ведомости в табличной форме и конвертации в различные программы (в том числе ЕК АСУИ).

RFID (англ. Radio Frequency Identification) — технология радиочастотной идентификации, позволяющая производить бесконтактное считывание информации из памяти радиочастотной метки, крепящейся к объекту [3]. RFID-система состоит из трех основных компонентов (рис. 4): RFID-метки, считывателя, устройства сбора и обработки информации (ПК, сервер, программное обеспечение).



Рис. 4. Основные компоненты RFID-системы



Рис. 3. Жизненный цикл инвентарных рельсов

На сегодняшний момент существует большое количество разнообразных конфигураций радиочастотной идентификации, различающихся по режимам работы, частотному диапазону, дальности считывания и другим характеристикам. В рамках данной работы предполагается использование только пассивных RFID-меток ультравысокой частоты (УВЧ), ручных и стационарных считывателей. Объясняется это тем, что у пассивных меток отсутствует необходимость в дополнительных источниках питания, а УВЧ-диапазон позволяет достичь дальности чтения до 15 м.

Несмотря на то, что технологии радиочастотной идентификации развиваются быстрыми темпами и с каждым годом увеличивается количество внедрений в различные технологические процессы, а также улучшаются показатели самих устройств, типовые решения не всегда подходят под те или иные условия. В рассматриваемом техпроцессе рельс эксплуатируется в достаточно жестких условиях (вертикальные и горизонтальные силы от подвижного состава, атмосферные воздействия и т.д.), в связи с этим повышаются требования к надежности радиометок:

- прочное закрепление на инвентарном рельсе;
- независимость от климатических условий района эксплуатации;
- высокая защита от влаги и пыли;
- отсутствие влияния на работу рельса.

На кафедре «Путь и железнодорожное строительство» УрГУПС и на базе путевой машинной станции № 171 СДРП был проведен ряд испытаний (рис. 5), направленных на проверку надежности клеевого соединения на основе эпоксидной смолы (способ холодной сварки). Результаты проведенных экспериментов позволяют утверждать о возможности применения такого типа крепления.

Интеграция программного обеспечения в IT-инфраструктуру ОАО «РЖД» осуществляется вне зависимости от используемого комплекта RFID-системы. Предлагаются к использованию два варианта внедрения такой системы:

1. Внедрение RFID-технологии с полным комплектом оборудования (внедрение «с нуля»).
2. При наличии на производственной базе системы ЕК АСУИ возможна установка дополнительного блока ПО и интеграция с общей системой ОАО «РЖД».

Основные функции, которые должны осуществляться программой:

- 1) получение кода с RFID-меток (с помощью антенн считывателя);
- 2) внесение полученной информации в базу данных (табл. 1);
- 3) постановка инвентарного рельса на баланс данного подразделения (табл. 1);
- 4) считывание RFID-меток, установленных на инвентарных рельсах, выходным RFID-порталом и закрепление этих рельсов за данным звеном РШР;
- 5) фиксирование информации о местоположении после укладки РШР в путь с помощью считывающего оборудования, установленного на подвижных единицах, и автоматическое формирование ведомости учета (табл. 2).

Преимуществом такого типа сбора данных является автоматизация IT-процессов и получение запрашиваемой информации в форматах, применяемых в структуре ОАО «РЖД».



Рис. 5. Испытание клеевого соединения в пути

Важным аспектом внедрения такой системы в процессы ОАО «РЖД» является экономический эффект от ее использования.

Средняя стоимость материалов на внедрение системы по всей сети СДРП составляет порядка 19600 тыс. руб. (табл. 3).

Кроме затрат на приобретение оборудования, необходимо учесть:

- расходы на оплату труда рабочих — 15–25 % от стоимости оборудования;
- расходы на эксплуатацию машин и оборудования — 8–10 %;
- накладные расходы — 12–18 %;
- сметную прибыль — 3–4 %;
- непредвиденные расходы — 3 %.

Таким образом, приблизительная стоимость внедрения RFID-системы (без учета разработки и внедрения программной части) по всей сети СДРП составляет порядка 31556 тыс. руб.

Автоматизация действующих процессов на сети ОАО «РЖД» с помощью современных технологий, снижение издержек и расходов, сокращение товарного запаса, повышение производительности труда на звеноборочной базе в связи с уменьшением требуемого времени приема рельсов и отсутствием ручной фиксации в журнал учета позволяют оперативно отслеживать местоположение и актуальный статус маркиров-

Таблица 1

Сводная таблица статусов рельсов

Местоположение	ПМС-171	ПМС-171	ПМС-168	ПМС-171	ПМС-171	ПМС-171	ПМС-168
Статус	Склад. Цех	Склад. Цех	Склад. Звено № 5321	Склад. Цех	Склад. Звено № 3056	Склад. Цех	Склад. Звено № 4925
Номер метки	15004	15024	17560	15107	15098	15383	17530
ID рельса	294681	243549	289951	246883	258234	29740	21165
Балансодержатель	ПМС-171	ПМС-171	ПМС-168	ПМС-171	ПМС-171	ПМС-171	ПМС-168

Таблица 2

Учетная ведомость

Дата	25.05.2021							
Время	12:03	12:03	12:03	12:03	12:03	12:03	12:03	12:03
Код/Номер ПЕ	8556							
Перегон	Решеты – Ревда							
Номер пути/Направление	2/нечет							
Номер метки	15004	15024	17560	15107	15098	15009	15383	17530
ID рельса	294681	243549	289951	246883	258234	212850	29740	21165
Номер звена	5328		5329		5330		5331	
Геолокация	56.822934 60.097277		56.822844 60.096437		56.822717 60.095594		56.822787 60.094594	
Пикетаж	ПК53+30		ПК53+55		ПК53+80		ПК54+05	
Факт. расстояние, м	1230		1255		1280		1305	
Балансодержатель	ПМС-171	ПМС-171	ПМС-168	ПМС-171	ПМС-171	ПМС-171	ПМС-171	ПМС-168

Таблица 3

Смета на материалы

№	Устройство	Кол-во	Цена с НДС (руб.)	Сумма (руб.)	
1	Корпусированная RFID-метка	33000	100	3 300 000	
2	Эпоксидная смола (материал для крепления метки), кг	521	1000	521 000	
3	Стационарный RFID-считыватель	27	100 000	2 700 000	
4	Блок питания	27	2500	67500	
5	Кабель сетевой блока питания	27	400	10800	
6	Антенна RFID	54	20000	1 080 000	
7	Кабель для антенны	54	3000	162 000	
8	Комплект креплений	27	10000	270 000	
9	Сервер	9	750 000	6 750 000	
10	Ретранслятор радиосигнала	27	13000	351 000	
11	Приемник радиосигнала	27	10000	270 000	
12	Программное обеспечение для RFID-оборудования	1	100 000	100 000	
13	Ручной RFID-считыватель	18	110 000	1 980 000	
14	Зарядное устройство	18	4000	72000	
15	Адаптер питания	18	1000	18000	
16	RFID-считыватель для подвижной единицы	9	130 000	1 170 000	
17	Блок питания	9	20000	180 000	
18	Кабель сетевой блока питания	9	400	3600	
19	Антенна RFID	18	20000	360 000	
20	Кабель для антенны	18	3000	54 000	
21	Комплект креплений	18	10000	180 000	
				Σ	19 599 900

ки рельсов, снизить процент ошибки из-за человеческого фактора, а также повысить уровень эффективности на сети СДПР, что в свою очередь приведет к высвобождению трудовых ресурсов и повышению производительности труда.

Для увеличения экономического эффекта и получения больших финансовых выгод при реализации следует планировать внедрение системы не только в линей-

ных подразделениях Свердловской дирекции по ремонту пути, но и во всех региональных подразделениях сети ОАО «РЖД», которые работают с рельсами.

Внедрение современных технологий в производственные процессы отвечает национальным целям развития России, предусматривающим цифровую трансформацию в соответствии с Указом «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» [4]. **ИТ**

Список литературы

1. ГОСТ Р 51685–2013. Рельсы железнодорожные. Общие технические условия. Введ. 2001-07-01. М. : Стандартинформ, 2014. (с изм., утв. Приказом Росстандарта от 24.02.2016 № 65-ст).
2. Инструкция по применению старогодных материалов верхнего строения пути, утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» № 2370 р от 23.11.2016. URL: <https://docs.cntd.ru/document/608309984>.
3. Зиборов И. А. Применение RFID-технологий в деятельности различных субъектов хозяйствования // Молодой ученый. 2009. № 12. С. 17–22. ISSN 2072–0297. EDN : MUADBХ.
4. Указ Президента РФ от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726>.

References

1. GOST R 51685–2013. Railway rails. General technical conditions. Introduction. 2001–07–01. Moscow : Standardinform, 2014. (with ed., approved. By Order of Rosstandart No. 65-st dated 24.02.2016).
2. Instructions for the use of old-use materials of the upper structure of the track, approved by the order of JSC «Russian Railways» No. 2370 r dated 11/23/2016. URL: <https://docs.cntd.ru/document/608309984>.
3. Ziborov I. A. Applications of RFID technologies in the activities of various business entities // Young scientist. 2009. No. 12. P. 17–22. ISSN 2072–0297. EDN : MUADBХ.
4. Decree of the President of the Russian Federation No. 474 dated 21.07.2020 «On National development Goals of the Russian Federation for the period up to 2030». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726>.



Никита Владимирович
Дмитриев

Nikita V. Dmitriev

Моделирование и исследование автоматизированной складской системы с использованием роевой робототехники

Modeling and research of the automated warehouse system using role-based robotics

Аннотация

В статье рассмотрено применение роевой стратегии управления на примере решения задачи автоматизации склада с помощью мобильных роботов. Предложен вариант модернизации существующих электропогрузчиков с помощью добавления в конструкцию электронных и информационных компонентов, разработаны алгоритмы роевого управления. Имитационное моделирование мультиагентной системы было произведено в среде Webots. Исследование показало, что с ростом числа агентов время выполнения технологического задания уменьшается, пока не доходит до определенного предела.

Ключевые слова: мобильные роботы, автоматизация складских систем, роевая робототехника, мультиагентная система, Webots, имитационное моделирование.

Abstract

The article considers application of the role-based management strategy on the example of solving the problem of warehouse automation using mobile robots. The modernization option of existing electric forklifts is proposed by adding electronic and information components to the design, swarm control algorithms are developed. Simulation of the multi-agent system was performed in the Webots environment. The study showed that with the increase in the number of agents, the execution time of the technological task decreases until it reaches a certain limit.

Keywords: mobile robots, automation of warehouse systems, role-playing robotics, multi-agent system, Webots, simulation modeling.

Авторы Authors

Никита Владимирович Дмитриев, старший преподаватель кафедры «Мехатроника» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; email: ndmitriev@usurt.ru

Nikita V. Dmitriev, Senior Lecturer of "Mechatronics" Department of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; email: ndmitriev@usurt.ru

В настоящее время развитие транспортно-логистического комплекса страны невозможно без использования автоматизации. Одним из ключевых факторов экономического роста в рамках «Индустрии 4.0» является внедрение автоматизированных складских систем. Их применение не только исключает ручной труд, но и позволяет ускорить выполнение технологических операций по транспортировке грузов, обеспечивает контроль материальных запасов.

Помимо использования лифтовых стеллажей и патерностеров, активно внедряются системы транспортировки грузов, основанные на мультиагентных системах, например, на группах мобильных роботов [1, 2]. Выгода их применения объясняется тем, что даже небольшая группа робототехнических агентов может обслуживать достаточно большие складские помещения, оборудованные обычными стеллажами, т.е. капиталовложение при их внедрении значительно меньше, чем при эксплуатации лифтовых стеллажей.

Важной теоретической и практической проблемой является стратегия группового управления мобильными роботами. Существует два подхода к ее реализации: централизованный и децентрализованный. В первом случае управление каждым роботом выполняется либо через главную управляющую ЭВМ, либо через их иерархическую группу. Минусом использования такого подхода является то, что при управлении большим числом агентов повышается нагрузка на канал передачи данных, что приводит к задержкам в раздаче управляющих заданий. Поэтому в настоящее время широкое развитие получили децентрализованные стратегии управления, в частности, роевой интеллект [3].

Концепт роевой стратегии изображен на рис. 1. Одним из базовых принципов роя является то, что обмен информацией происходит только между агентами, которые расположены рядом друг с другом. Это приводит к высокой надежности, автономности, ограниченности представления и малому времени принятия решений тактического уровня. Недостатком такой стратегии является медленная скорость реакции на внешние воздействия на систему, но на автоматизированной складской системе такие воздействия отсутствуют.

Критичной точкой для реализации роевой стратегии управления является техническая возможность для осуществления локального взаимодействия и ориентации. Для этого в системе управления мобильного робота должны присутствовать датчики положения (для отслеживания статичных RFID-меток [4], расположенных на стеллажах) и датчики расстояния (для отслеживания других мобильных роботов).

Для уменьшения капиталовложений предлагается не разрабатывать новую модель мобильного робота, а модернизировать существующие электропогрузчики, использующиеся на складах. Плюсом этого подхо-

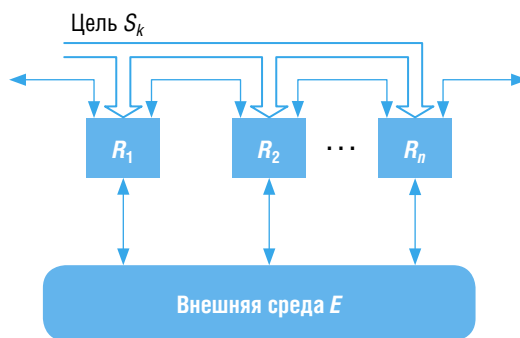


Рис. 1. Роевая стратегия управления

да является то, что можно использовать разные модели погрузчиков без влияния на качество выполняемой работы. Структурная схема модернизации электропогрузчика представлена на рис. 2.

Имитационное моделирование погрузчика и пространства склада выполнялось в среде Webots [5]. Была разработана управляющая программа, одинаковая для всех мобильных роботов, и программа для управляющей ЭВМ, которая взаимодействовала с роботом только один раз во время выдачи цели, все остальное время робот производил движение по траектории самостоятельно.

Расчет траектории движения основывался на том, что мобильный робот представляет собой движущийся объект на плоскости, который обладает вычислимым значением координат и угла поворота (эта информация поступает с датчиков) [6, 7]. Кроме движения на плоскости, отдельно рассчитывается движение подъемника по вертикальной оси, таким образом данное перемещение является независимым.

Управляющая программа была реализована в виде машины состояния [8], задающей параметрически и инициализирующей при получении конкретного задания. Задание заключалось каждый раз в доставке груза с нужным идентификатором на конвейер получения грузов. Управление двигателями происходило с использованием П-регулятора с нелинейностью типа «насыщение» для ограничения максимальной скорости движения.

В программу также встроены ситуации, которые могут произойти с роботом, например, ожидание, пока впереди стоящий робот не выполнит свою задачу, и правила движения, обеспечивающие минимизацию задержек при необходимости пересечения траекторий движения различных роботов. Обработка ситуаций обеспечивала минимальную интеллектуализацию, которая необходима для таких систем. Взаимодействие роботов происходило только бесконтактно, что необходимо при возможности существования различных типов погрузчиков (система не является гомогенной [9]).

Модель автоматизированной складской системы вместе с примером ситуации приведена на рис. 3.

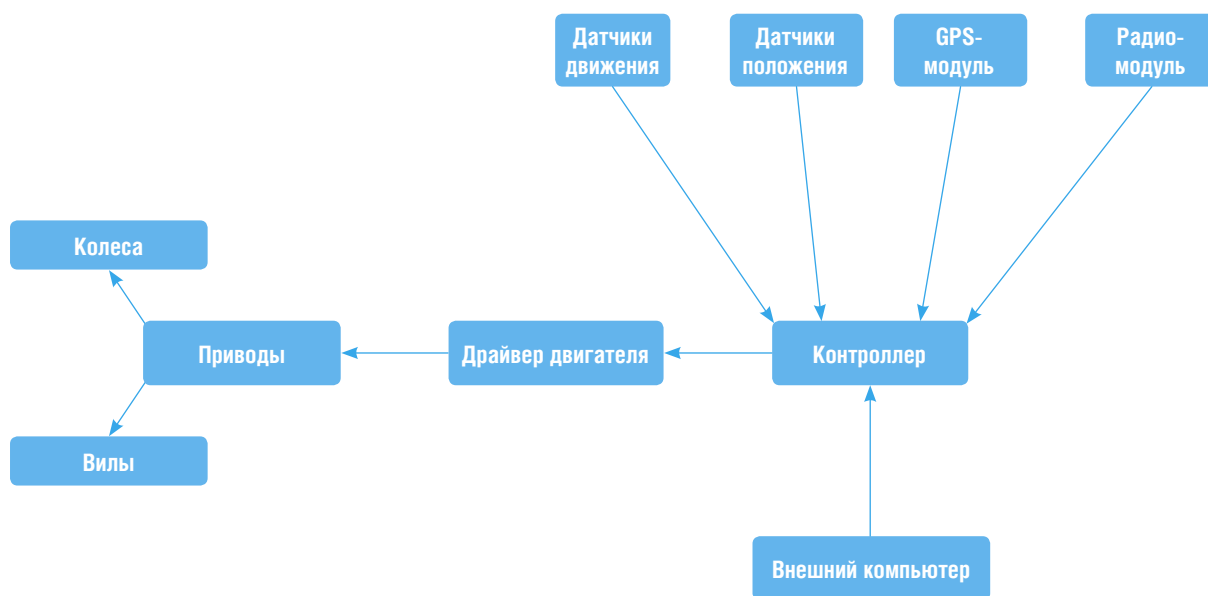


Рис. 2. Структурная схема модернизации электропогрузчика

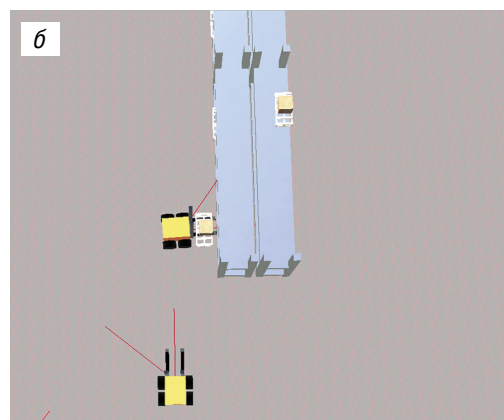
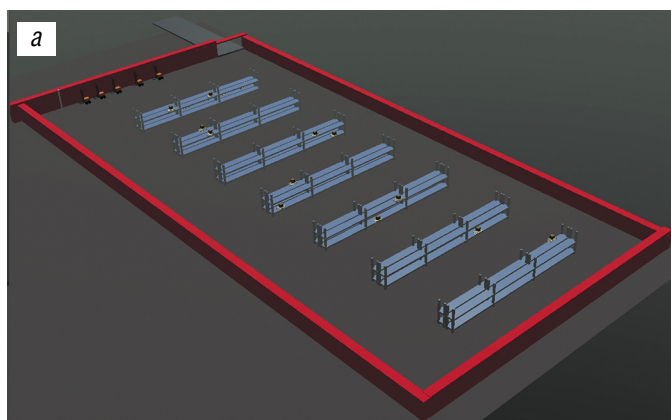


Рис. 3. Моделирование роя мобильных роботов в среде Webots: а — модель склада; б — пример ситуации

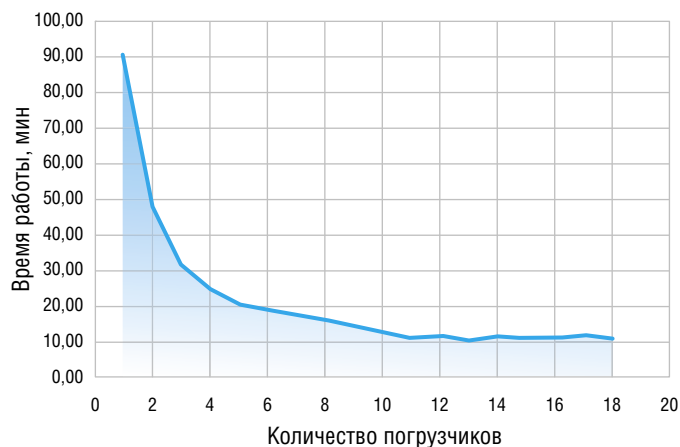


Рис. 4. Зависимость времени выполнения всех заданий от количества мобильных роботов в системе

Кроме непосредственного моделирования было проведено исследование зависимости времени выполнения задания от количества роботов в группе. Результаты представлены на рис. 4. Видно, что увеличение количества используемых роботов при некотором значении уже не приводит к ускорению выполнения задания, что хорошо согласуется с универсальным законом масштабирования.

На всем времени моделирования система показала свою надежность, так как не произошло ни одного столкновения между роботами или между роботом и статичными объектами. Это доказывает, что разработанные программы управления можно использовать в реальных складских автоматизированных системах. ИТ

Список литературы

1. Lienert T. Failure-Handling Strategies For Mobile Robots In Automated Warehouses / T. Leinert, L. Stigler, J. Fottner // 33rd Int. ECMS Conf. on Modelling and Simulation. 2019. 7 p. DOI: 10.7148/2019-0199. ISSN 2522-2422.
2. Özbaran C. Mechatronic System Design of A Smart Mobile Warehouse Robot for Automated Storage/Retrieval Systems / C. Özbaran et al. // Proc. of 2020 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference. 2020. 20198835. 6 p. DOI: 10.1109/ASYU50717.2020.9259882. ISBN 978-1-7281-9137-9.
3. Сахопотин Г. А. Исследование местности с помощью группы роботов, управляемых алгоритмом роевого интеллекта // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2015. № 4 (110). С. 67–71. EDN: UCUGNX.
4. Tammet T. Distributed coordination of mobile robots using RFID technology / T. Tammet, J. Vain, A. Kuusik // Proc. of the 8th WSEAS Int. Conference on Automatic Control, Modeling and Simulation. 2006. P. 109–116.
5. Yue H. Simulation for senior undergraduate education of robot engineering based on Webots / H. Yue et al. // Computer Applications in Engineering Education. V. 29 (5). P. 1176–1190. DOI: 10.1002/cae.22377.
6. Павлов А. С. Методика планирования траектории движения группы мобильных роботов в неизвестной замкнутой среде с препятствиями // Системы управления, связи и безопасности. 2021. № 3. С. 38–59. DOI: 10.24412/2410-9916-2021-3-38-59. EDN: JPDHEJ.
7. Шаповалов И. О. Распределенная система управления движением группы крупногабаритных объектов // Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. № 2 (139). С. 41–46. ISSN 1999-9429. EDN: PVYEWD.
8. König L. Decentralized evolution of robotic behavior using finite state machines / L. König, Sanaz Mostaghim, H. Schmeck // Int. J. Intell. Comput. Cybern. 2009. P. 695–723. DOI: 10.1108/17563780911005845. ISSN 1756-378X.
9. Ронжин А. Л. О способах контактного соединения группы модульных роботов / А. Л. Ронжин и др. // Робототехника и техническая кибернетика. 2016. № 3 (12). С. 34–41. EDN: YVRNVR.

References

1. Lienert T. Failure-Handling Strategies For Mobile Robots In Automated Warehouses / T. Leinert, L. Stigler, J. Fottner // 33rd Int. ECMS Conf. on Modelling and Simulation. 2019. 7 p. DOI: 10.7148/2019-0199. ISSN 2522-2422.
2. Özbaran C. Mechatronic System Design of A Smart Mobile Warehouse Robot for Automated Storage/Retrieval Systems / C. Özbaran et al. // Proc. of 2020 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference. 2020. 20198835. 6 p. DOI: 10.1109/ASYU50717.2020.9259882. ISBN 978-1-7281-9137-9.
3. Sakhopotinov G. A. Terrain research using a group of robots controlled by a swarm intelligence algorithm // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2015. No. 4 (110). P. 67–71. EDN: UCUGNX.
4. Tammet T. Distributed coordination of mobile robots using RFID technology / T. Tammet, J. Vain, A. Kuusik // Proc. of the 8th WSEAS Int. Conference on Automatic Control, Modeling and Simulation. 2006. P. 109–116.
5. Yue H. Simulation for senior undergraduate education of robot engineering based on Webots / H. Yue et al. // Computer Applications in Engineering Education. V. 29 (5). P. 1176–1190. DOI: 10.1002/cae.22377.
6. Pavlov A. S. Methodology for planning the trajectory of a group of mobile robots in an unknown closed environment with obstacles // Control systems, communications and security. 2021. No. 3. P. 38–59. DOI: 10.24412/2410-9916-2021-3-38-59. EDN: JPDHEJ.
7. Shapovalov I. O. Distributed motion control system of a group of large-sized objects // Izvestiya SFU. Technical sciences. 2013. No. 2 (139). P. 41–46. ISSN 1999-9429. EDN: PVYEWD.
8. König L. Decentralized evolution of robotic behavior using finite state machines / L. König, Sanaz Mostaghim, H. Schmeck // Int. J. Intell. Comput. Cybern. 2009. P. 695–723. DOI: 10.1108/17563780911005845. ISSN 1756-378X.
9. Ronzhin A. L. On methods of contact connection of a group of modular robots / A. L. Ronzhin et al. // Robotics and technical cybernetics. 2016. No. 3 (12). P. 34–41. EDN: YVRNVR.



Елена Александровна
Русакова

Elena A. Rusakova



Михаил Александрович
Пащенко

Mikhail A. Paschenko

Обзор международных стандартов в области квантовых коммуникаций

Overview of international standards in the field of quantum communications

Аннотация

В настоящее время в мире активно развиваются квантовые технологии. В Российской Федерации куратором этого направления является ОАО «РЖД», которое инициировало разработку национальных стандартов в сфере квантовых коммуникаций и квантового интернета. В статье рассмотрены основные международные организации, занимающиеся вопросами стандартизации в области квантовой связи, дан обзор основных международных стандартов в сфере квантовых коммуникаций.

Ключевые слова: телекоммуникации, квантовые коммуникации, квантовый интернет, квантовое распределение ключей, организации по стандартизации, стандарты квантовых коммуникаций.

Abstract

Currently, quantum technologies are actively developing in the world. In the Russian Federation, the curator of this direction is JSC "Russian Railways", which initiated the development of national standards in the field of quantum communications and quantum Internet. The article examines the main international organizations dealing with standardization issues in the field of quantum communications, provides the overview of the main international standards in the field of quantum communications.

Keywords: telecommunications, quantum communications, quantum Internet, quantum key distribution, standardization organizations, standards of quantum communications.

Авторы Authors

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

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

Внедрение новых цифровых технологий на железнодорожном транспорте требует обеспечения высокого уровня защиты передаваемых данных, который можно реализовать только с помощью квантовых коммуникаций. Основная область применения квантовых коммуникаций — это криптографическая защита информации. Со временем различные квантовые сети связи превратятся в «квантовый интернет». Важнейшим аспектом развития этого направления является стандартизация. Внедрение стандартов позволит согласовать терминологию, определения и сокращения в документации, определить общие требования к элементам сетей квантовой связи, разрабатываемых по всему миру для обеспечения их интероперабельности. Все это будет стимулировать рынок компонентов, систем и приложений квантовых коммуникаций.

В Российской Федерации куратором этого направления является ОАО «РЖД», которое инициировало разработку национальных стандартов в сфере квантовых коммуникаций и квантового интернета. Созданием стандартов занимается консорциум, в который входят Центр компетенций НТИ по технологиям беспроводной связи и интернета вещей на базе Сколтеха, Центр квантовых коммуникаций НТИ на базе ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», лидирующий исследовательский центр «Национальный центр квантового интернета», Технический комитет 194 «Киберфизические системы» (ТК 194) и Технический комитет 26 «Криптографическая защита информации» (ТК 26).

Для дальнейшего развития национальных стандартов необходимо проанализировать и обобщить мировой опыт стандартизации в сфере квантовых коммуникаций.

Международные организации по стандартизации

В настоящее время работами по стандартизации в области квантовых коммуникаций занимаются следующие организации:

- Международный союз электросвязи (International Telecommunication Union, ITU-T);
- Европейский институт по стандартизации в области телекоммуникаций (European Telecommunications Standard Institute, ETSI);
- Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO);
- Международная электротехническая комиссия (International Electrotechnical Commission, IEC);
- Инженерный совет интернета (Internet Engineering Task Force, IETF);
- Альянс квантового интернета (Quantum Internet Alliance, QIA).

На рис. 1 показаны международные организации, которые занимаются исследованиями и стандартизацией

в области квантовых коммуникаций и квантового интернета, и соответствующие рабочие и исследовательские группы в составе этих организаций. Основные результаты работы этих организаций рассмотрены в данной статье.

Отчеты и рекомендации ITU-T

В Международном союзе электросвязи (ITU-T) в целях обеспечения совместной платформы для аспектов предварительной стандартизации квантовых информационных технологий в 2019 г. была создана целевая группа ITU-T по квантовой информационной технологии для сетей (FG-QIT4N). Группа завершила свою работу в 2021 г., представив ряд технических отчетов (табл. 1) [1].

Сегодня исследованиями и разработкой стандартов в области квантовых коммуникаций в ITU-T занимаются две исследовательские группы: SG13 и SG-17.

Международные рекомендации ITU-T, разработанные исследовательской группой SG13, касаются требований, архитектур, функциональных возможностей и интерфейсов прикладного программирования конвергентных сетей будущего. Одной из ключевых областей исследований является разработка стандартов для сетей распределения квантовых ключей (QKDN) и связанных с ними технологий. Для рекомендаций в этой сфере выделена серия ITU-T Y.3800...Y.3999. К настоящему времени этой группой уже разработано 15 рекомендаций (табл. 2) [2].

Исследовательская группа SG 17 занимается разработкой нормативных документов в области информационной безопасности. В последнее время в работе этой группы возросла важность исследований в сфере квантовой безопасности (система безопасности QKD и QRNG). В ноябре 2019 г. группа представила рекомендацию ITU-T X.1702 «Архитектура генератора случайных чисел квантового шума», в которой определены общая функциональная архитектура источника квантовой энтропии, общий метод оценки и проверки энтропии оцениваемого источника шума, а также общий метод описания экстрактов случайности, когда они являются частью реализованной системы. Данная рекомендация является дополнением к существующим стандартам источников шума или энтропии, которые позволяют составить спецификацию оцениваемого источника шума на основе квантовой физики [3]. В феврале 2022 г. вышла в свет разработанная группой SG 17 рекомендация ITU-T X.1712 «Требования и меры безопасности для сетей распределения квантовых ключей — управление ключами», которая определяет угрозы безопасности и требования к ней для управления ключами в QKDNs, а также меры безопасности для управления ключами. Эта рекомендация также обеспечивает поддержку для разработки, внедрения и функционирования системы управления ключами в Qwkdns с утвержденной безопасностью.



Рис. 1. Международные организации по стандартизации в области квантовых коммуникаций

Таблица 1

Технические отчеты целевой группы ITU-T по квантовой информационной технологии для сетей (FG-QIT4N)

Отчет	Краткое содержание отчета
D 1.1	Квантовая информационная технология для сетей, терминология: сетевые аспекты квантовых информационных технологий
D 1.2	Квантовые информационные технологии для сетей, примеры использования: сетевые аспекты квантовых информационных технологий
D 1.4	Перспективы стандартизации и технологическая зрелость: сетевые аспекты квантовых информационных технологий
D 2.1	Квантовая информационная технология для сетей, терминология: QKDN
D 2.2	Квантовая информационная технология для сетей, примеры использования: QKDN
D 2.3	Протоколы сети распределения квантовых ключей: квантовый уровень
D 2.4	Транспортные технологии сети распределения квантовых ключей
D 2.5	Перспективы стандартизации и технологическая зрелость: сеть распространения квантовых ключей

Рекомендации ITU-T, разработанные исследовательской группой SG-13

Рекомендация (дата)	Название рекомендации	Комментарий
Y.3800 (10/2019)	Обзор сетей, поддерживающих квантовое распределение ключей	Цель: поддержка проектирования, развертывания, эксплуатации и обслуживания при реализации QKDN с учетом стандартизованных технологий; включены соответствующие сетевые аспекты концептуальной структуры, многоуровневой модели и базовых функций
Y.3801 (04/2020)	Функциональные требования к сетям квантового распределения ключей	Определены функциональные требования к квантовому уровню, уровню управления ключами, уровню контроля и уровню управления QKDN
Y.3802 (12/2020)	Сети квантового распределения ключей. Функциональная архитектура	Представлен обзор сетей, поддерживающих квантовое распределение ключей (QKD); определена модель функциональной архитектуры QKDN; подробно определены функциональные элементы и контрольные точки, конфигурации архитектуры и базовые рабочие процедуры QKDN
Y.3803 (12/2020)	Сети квантового распределения ключей. Управление ключами	Цель: помощь при проектировании, развертывании и эксплуатации управления ключами QKDN; обзор общей структуры и базовых функций QKDN в сочетании с рек. ITU-T Y.3800; рассмотрены требования к QKDN в сочетании с рек. ITU-T Y.3801; представлено описание функциональных элементов и процедур управления ключами; представлен обзор технологий QKD, включая сетевые возможности, концептуальную структуру, многоуровневую модель, базовые функции и компоненты, а также их связь с пользовательской сетью
Y.3804 (09/2020)	Сети квантового распределения ключей. Контроль и управление	Цель: реализация безопасной, стабильной, эффективной и надежной работы и управления сетью QKD и обеспечиваемых ею услуг, а также поддержки управления пользовательской сетью; определены функции и процедуры для контроля и управления QKDN на основе требований, определенных в рек. ITU-T Y.3801
Y.3805 (12/2021)	Сети распределения квантовых ключей. Программно-определяемое сетевое управление	Описаны требования, функциональная архитектура, контрольные точки, иерархический контроллер SDN и общие рабочие процедуры управления SDN
Y.3806 (09/2021)	Сети квантового распределения ключей. Требования к гарантии качества обслуживания	Определены требования высокого уровня и функциональные требования (планирование, мониторинг, оптимизация, обеспечение, защита и восстановление) к QoS для сетей QKDN
Y.3807 (02/2022)	Сети квантового распределения ключей. Параметры качества обслуживания	Описаны требования высокого уровня и требования к функциональному качеству обслуживания (QoS) для QKDN; приведено описание QoS и производительности сети в QKDN, и указаны соответствующие относительные параметры для QoS и их определения
Y.3808 (02/2022)	Структура интеграции сети квантового распределения ключей и сети безопасных хранилищ	Представлен обзор сетей безопасных хранилищ (SSN) для сетей QKDN; определены функциональные требования, функциональная модель, контрольные точки и рабочие процедуры для SSN
Y.3809 (02/2022)	Ролевая модель при развертывании сетей распределения квантовых ключей	Описаны роли, модель на основе ролей и сценарии обслуживания в сетях QKDN с различных точек зрения развертывания и эксплуатации в существующих пользовательских сетях для поддержки служб приложений безопасности

Рекомендация (дата)	Название рекомендации	Комментарий
Y.3810 (09/2022)	Взаимодействие сети распределения квантовых ключей. Фреймворк	Определена структура взаимодействия QKDN; дан обзор взаимодействующих Qwkdns, эталонных моделей и функциональных моделей функций шлюза (GWFs) и функций взаимодействия (IWFs); приведены конфигурации для QKDNi с различными схемами ретрансляции ключей
Y.3811 (09/2022)	Сети распределения квантовых ключей. Функциональная архитектура для обеспечения качества обслуживания	Дается обзор функциональной архитектуры обеспечения качества обслуживания для QKDN; описывается функциональная архитектура обеспечения качества обслуживания, определена базовая операционная процедура обеспечения качества обслуживания для QKDN
Y.3812 (09/2022)	Сети распределения квантовых ключей. Требования к обеспечению качества обслуживания на основе машинного обучения	Приведен обзор требований к обеспечению качества обслуживания на основе машинного обучения (ML) для QKDN; описана функциональная модель обеспечения качества на основе ML; сформулированы соответствующие высокоуровневые и функциональные требования к обеспечению качества на основе ML; описаны некоторые варианты использования
Y.3813 (01/2023)	Взаимодействие сетей распределения квантовых ключей. Функциональные требования	Нет данных
Y.3814 (01/2023)	Сети распределения квантовых ключей. Функциональные требования и архитектура для обеспечения машинного обучения	Нет данных

Стандарты объединенного технического комитета ISO/IEC JTC 1

Международная организация по стандартизации (ISO) и Международная электротехническая комиссия (IEC) для исследований в области квантовых коммуникаций создали Объединенный технический комитет ISO/IEC JTC 1.

В настоящий момент в стадии разработки находится стандарт ISO/IEC DIS 23837 (часть 1 и часть 2), представленный подкомитетом ISO/IEC JTC 1 SC 27 «Информационная безопасность, кибербезопасность и защита частной жизни» [4]. Данный стандарт устанавливает требования к безопасности, методы тестирования и оценки для распределения квантовых ключей (QKD) в рамках ISO/IEC 15408, а также определяет набор строгих и общих спецификаций безопасности для производителей модулей QKD. В документе используются стандартизированная модель и язык ISO/IEC 15408 (все части) для определения общего базового набора функциональных требований к безопасности для модулей QKD. Включена вся реализация прото-

колов QKD, от обычных сетевых компонентов до квантово-оптических.

В первой части стандарта ISO/IEC DIS 23837–1 «Информационная безопасность — Требования к безопасности, методы тестирования и оценки для распределения квантовых ключей. Часть 1: Требования» основное внимание уделяется определению общего базового набора функциональных требований к безопасности модулей QKD.

Вторая часть стандарта ISO/IEC DIS 23837–2 «Информационная безопасность — Требования к безопасности, методы тестирования и оценки для распределения квантовых ключей. Часть 2: Методы оценки и тестирования» определяет метод оценки и соответствующие мероприятия по оценке безопасности модулей QKD в общем виде. В частности, подробно описаны оценочные мероприятия по тестированию и оценке реализации протоколов QKD, квантово-оптических компонентов в модулях передатчика QKD и модулях приемника QKD. Кроме того, указаны дополнительные действия для обеспечения требований безопасности, и представлены уточнения к общей методологии анализа уязвимостей в ISO/IEC 18045, включая руководство по расчету возможностей атаки.

Документы ETSI

В Европейском институте по стандартизации в области телекоммуникаций (ETSI) вопросами интеграции QKD в существующую инфраструктуру занимается группа отраслевых спецификаций (ISG) по распределению квантовых ключей (QKD). Существует два основных направления исследований: квантовое распределение ключей и квантовая криптография.

Группа отраслевых спецификаций ETSI (ISG) QKD работает над следующими спецификациями в области квантовых коммуникаций:

- профиль защиты для систем QKD;
- защита от атак троянского коня в односторонних системах QKD;
- характеристика оптического выходного сигнала модулей передатчика QKD.

Опубликованные официальные документы ETSI приведены в табл. 3.

Таблица 3

Официальные документы ETSI

Документ (дата)	Название документа	Примечание
ETSI GS QKD 018 V1.1.1 (2022–04)	Распределение квантовых ключей (QKD). Интерфейс оркестровки для программно-определяемых сетей	Рассматривается интерфейс между SDN-оркестратором и SDN-контроллером сети QKD; приведена информационная модель, позволяющая SDN-оркестратору управлять и настраивать SDN-контроллер сети QKD для управления сетью QKD и классической оптической транспортной сетью
ETSI GS QKD 015 V2.1.1 (2022–04)	Распределение квантовых ключей (QKD). Интерфейс управления для программно-определяемой сети	Рассматривается интерфейс между узлом SDN-QKD и контроллером SDN
ETSI GS QKD 004 V2.1.1 (2020–08)	Квантовое распределение ключей (QKD). Прикладной интерфейс	Предназначен для определения интерфейса прикладного программирования (API) между менеджером ключей QKD и приложениями. Функция менеджера ключей QKD заключается в управлении защищенными ключами, созданными с помощью реализации протокола QKD, и доставке идентичного набора ключей через этот API соответствующим приложениям в конечных точках связи
ETSI GS QKD 012 V1.1.1 (2019–02)	Квантовое распределение ключей (QKD). Параметры устройства и канала связи для развертывания QKD	Описываются основные коммуникационные ресурсы, задействованные в системе QKD, и возможные архитектуры, которые могут быть приняты при выполнении развертывания QKD через инфраструктуру волоконно-оптической сети. Варианты архитектуры ограничены двухточечной связью
ETSI GS QKD 014 V1.1.1 (2019–02)	Квантовое распределение ключей (QKD). Протокол и формат данных API доставки ключей на основе REST	Определяет протокол связи и формат данных для сети распределения квантовых ключей (QKD) для предоставления криптографических ключей приложению
ETSI GR QKD 007 V1.1.1 (2018–12)	Квантовое распределение ключей (QKD). Словарь	Собраны воедино определения и сокращения, используемые в отношении распределения квантовых ключей (QKD), и документы ETSI ISG-QKD
ETSI GR QKD 003 V2.1.1 (2018–03)	Квантовое распределение ключей (QKD). Компоненты и внутренние интерфейсы	Документ представляет собой подготовительное действие для определения свойств компонентов QKD (источников и детекторов фотонов, компьютерного оборудования для обработки протоколов и операционных систем) и внутренних интерфейсов систем QKD
ETSI GS QKD 011 V1.1.1 (2016–05)	Квантовое распределение ключей (QKD). Характеристика компонентов: характеристика оптических компонентов для систем QKD	Приведены спецификации и процедуры для определения характеристик оптических компонентов для использования в системах QKD; приведены примеры конкретных тестов и процедур для выполнения таких тестов

Документ (дата)	Название документа	Примечание
ETSI GS QKD 008 V1.1.1 (2010–12)	Квантовое распределение ключей (QKD). Спецификация безопасности модуля QKD	Сформулированы необходимые требования к модулю QKD, чтобы иметь высокую вероятность точного и своевременного обнаружения попыток прямого физического доступа и использования или модификации модулей внутри и реагирования на них
ETSI GS QKD 002 V1.1.1 (2010–06)	Квантовое распределение ключей. Варианты использования	Документ содержит обзор возможных сценариев применения в системах QKD

Документы QIA

Для проведения подготовительных исследований в области квантового интернета Европейский союз профинансировал проект под названием «Альянс квантового интернета» (QIA). Целью QIA было определено создание глобального европейского квантового интернета путем разработки прототипа сети с полным стеклом, проверяющего все ключевые подсистемы, и путем создания инновационной европейской экосистемы квантового интернета, способной масштабировать все подсистемы до ведущих мировых европейских технологий.

Альянс QIA объединил многие ведущие европейские институты квантовых исследований для разработки решений для общеевропейского квантового интернета на основе запутанности, который будет работать

параллельно с существующим интернетом. Проект действовал с 2018 по 2022 г. По результатам исследований были представлены 19 технических отчетов, 80 статей, 2 монографии, проведены 4 конференции [5].

Проекты IETF

В Инженерном совете интернета (IETF) для разработки рекомендаций в области проектирования и построения квантовых сетей в структуре IETF в 2018 г. была создана исследовательская группа QIRG (Quantum Internet Proposed Research Group).

В настоящее время группа работает над двумя проектами:

1. «Архитектурные принципы для квантового интернета». В проекте заложены основы и введены некоторые основные архитектурные принципы

квантового интернета. Обсуждение проекта было завершено в декабре 2022 г., и документ был отправлен для публикации.

2. «Сценарии применения квантового интернета». Целью этого документа является описание фреймворка для приложений и нескольких выбранных сценариев применения. В проекте даны обзор и классификация приложений квантового интернета и общие требования к нему. Документ находится в стадии разработки.

Анализ активности организаций по стандартизации показывает, что на международном уровне в основном разработаны стандарты в области квантового распределения ключей, при этом в активной фазе находятся исследования и разработка базовых стандартов в сфере квантовых коммуникаций и квантового интернета. [ИТ](#)

Список литературы

1. ITU-T Focus Group on Quantum Information Technology for Networks (FG-QIT4N) // International Telecommunication Union (ITU) : официальный сайт. URL: <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/qit4n/Pages/default.aspx> (дата обращения: 20.01.2023).
2. ITU-T Study Groups (Study Period 2022–2024) // International Telecommunication Union (ITU) : официальный сайт. URL: <https://www.itu.int/en/ITU-T/studygroups/2017–2020/Pages/default.aspx> (дата обращения: 20.01.2023).
3. ITU-T Recommendations // International Telecommunication Union (ITU) : официальный сайт. URL: <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=14095&lang=ru> (дата обращения: 22.01.2023).
4. IT Security Including encryption // International Organization for Standardization (ISO) : официальный сайт. URL: <https://www.iso.org/ics/35.030/x/> (дата обращения: 22.01.2023).
5. Quantum Internet Alliance : официальный сайт. URL: <https://cordis.europa.eu/> (дата обращения 25.01.2023).

References

1. ITU-T Focus Group on Quantum Information Technology for Networks (FG-QIT4N) // International Telecommunication Union (ITU) : official website. URL: <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/qit4n/Pages/default.aspx> (accessed: 20.01.2023).
2. ITU-T Study Group (Study Period 2022–2024) // International Telecommunication Union (ITU) : official website. URL: <https://www.itu.int/en/ITU-T/studygroups/2017–2020/Pages/default.aspx> (accessed: 20.01.2023).
3. ITU-T Recommendations // International Telecommunication Union (ITU) : official website. URL: <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=14095&lang=ru> (accessed: 22.01.2023).
4. IT Security Including encryption // International Organization for Standardization (ISO) : official website. URL: <https://www.iso.org/ics/35.030/x/> (accessed: 22.01.2023).
5. Quantum Internet Alliance : official website. URL: <https://cordis.europa.eu/> (accessed 25.01.2023).



Валентина Сергеевна
Паршина

Valentina S. Parshina



Александра Валерьевна
Морева

Alexandra V. Moreva

Совершенствование железнодорожного туризма в Российской Федерации

Improving railway tourism in the Russian Federation

Аннотация

В статье рассматриваются понятие, проблемы и перспективы развития железнодорожного туризма в России. Выделены основные проблемы: несвоевременное отправление и прибытие поездов, несоответствие обслуживания предлагаемой категории поезда, несвоевременный и некачественный ремонт локомотивов и вагонов, дефицит вагонного парка, низкая квалификация обслуживающего персонала и др. Решение обозначенных проблем позволит повысить внутренние и въездные туристические потоки, рационально использовать туристический потенциал страны.

Ключевые слова: железнодорожный туризм, железная дорога, транспорт, внутренний туризм, качество туристических услуг.

Abstract

The article discusses the concept, problems and prospects of railway tourism development in Russia. The main problems are highlighted: untimely departure and arrival of trains, inconsistency of service of the proposed train category, untimely and poor-quality repair of locomotives and railway cars, shortage of rolling stock fleet, low qualification of service personnel, etc. The solution to these problems will increase domestic and inbound tourist flows, rationally use the tourism potential of the country.

Keywords: railway tourism, railway, transport, domestic tourism, quality of tourist services.

Авторы Authors

Валентина Сергеевна Паршина, д-р экон. наук, профессор кафедры «Управление в социальных и экономических системах, философия и история» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Александра Валерьевна Морева, магистрант Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Valentina S. Parshina, Doctor of Economics, Professor of "Management in Social and Economic Systems, Philosophy and History" Department of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | Alexandra V. Moreva, Master's degree student of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg



Рис. 1. Статистика внутреннего туризма РФ [1]

В последние годы из-за пандемии, охватившей весь мир, а также политических конфликтов и разногласий между Россией и западными странами наблюдается спад туристической активности россиян в стране и за ее пределами, в том числе с использованием железнодорожного транспорта (рис. 1).

С 2021 г. туризм в России получает значительное развитие. Основными видами транспорта, участвующими в современных туристических перевозках, являются воздушный, автомобильный, железнодорожный и водный (рис. 2).

На этапе проектирования туристического продукта прорабатывается весь мультимодальный маршрут, особенно при организации железнодорожных туров. Такое решение обусловлено ограниченной транспортной доступностью железнодорожных путей, а доставку туристов к историческим местам и заповедникам выполняет автомобильный и водный транспорт. Для путешествий на особо дальние расстояния используется схема пассажирского сообщения «самолет + поезд».

Понятие железнодорожного туризма сегодня используется лишь в узких кругах и порой не принимается даже профильными специалистами. Тем не менее накопленный в советское время опыт может послужить достойной основой его развития на новом качественном уровне. Возможность железнодорожных поездок определяется сформированной сетью железных дорог (рис. 3). Так, в 2022 г. протяженность эксплуатируемых железнодорожных путей составила 90000 км, а протяженность технологических линий превысила 60000 км.

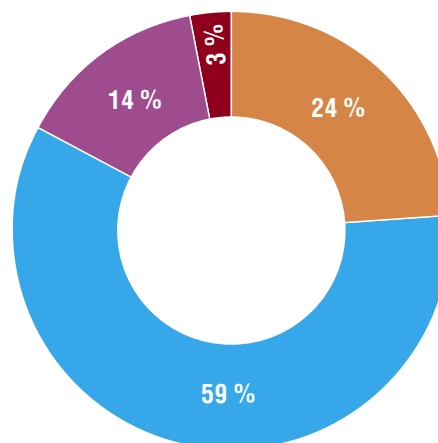


Рис. 2. Виды транспорта в туризме [2]:
 — водный транспорт; — воздушный транспорт;
 — железнодорожный транспорт;
 — автомобильный транспорт

Согласно стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года, разработанной ОАО «РЖД» [3], планируется строительство новых железных дорог (рис. 4), что позволит решить социальные задачи и будет способствовать экономическому развитию регионов страны.

По данным Федеральной службы государственной статистики, в 2021 г. железнодорожный транспорт занимал третье место по пассажирообороту (22,0 %) после автомобильного и авиационного [4]. Отставание по показателям было вызвано несколькими причинами:



Источник: Аналитический центр при Франко-Российской торгово-промышленной палате «Обсерво» (www.obsfr.ru)

Рис. 3. Сеть железных дорог России

В. С. Паршина, А. В. Морева | Совершенствование железнодорожного туризма в Российской Федерации

Перспективная топология развития сети железных дорог в Российской Федерации до 2030 года

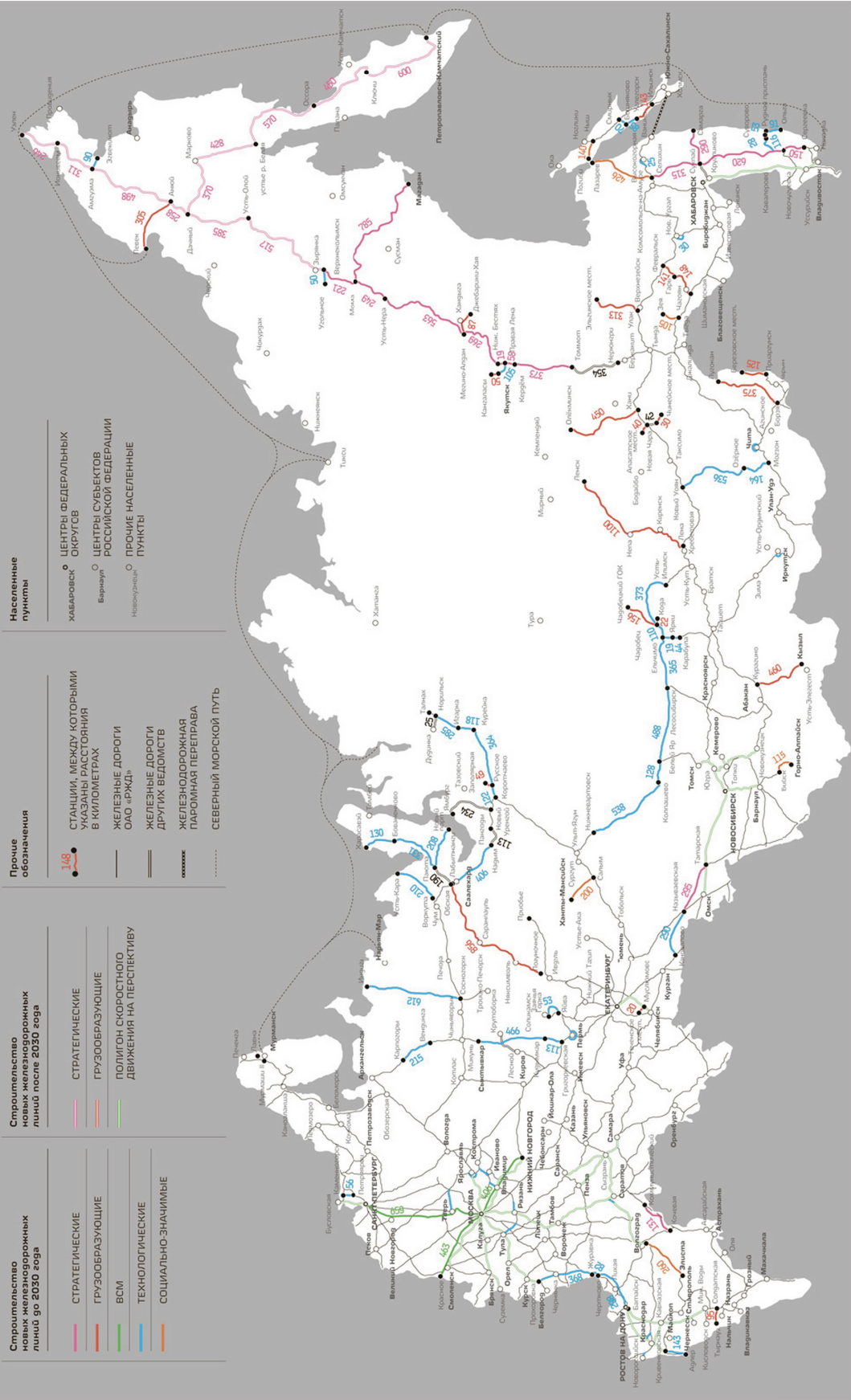


Рис. 4. Схема железнодорожных путей сообщения России [3]

1) приоритетность воздушного транспорта в поездках на дальние расстояния в связи с более высокой скоростью перемещения;

2) потребность в большем количестве транспортных средств (самолет, автобус, такси) ввиду их более низкой пассажироместимости;

3) возможность доставки «от двери до двери» автомобильным транспортом;

4) выбор другого способа путешествия из-за неудачного опыта поездок железнодорожным транспортом.

С точки зрения экономики, возможности туристической отрасли минимально используются для наращивания ВВП России. Процентный вклад туризма в ВВП стран-лидеров (рис. 5) составляет около 10 % и более, в то время как в России — 3,9 % [5].

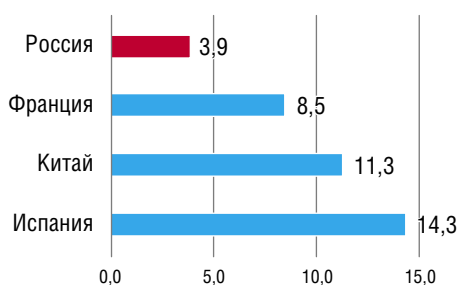


Рис. 5. Совокупный вклад туризма в ВВП, %

Наиболее явно проблема путешествий россиян проявилась в 2020 г. в связи с пандемией и закрытием международных границ [6] (рис. 6). По данным Федеральной службы государственной статистики, уровень общего выездного пассажиропотока снизился на 67,5 %, из них с целью туризма — на 93 %. Ранее большая часть населения страны выбирала отдых на зарубежных курортах, но из-за вынужденных ограничений остро встал вопрос дефицита качественных туристических услуг в нашей стране, особенно связанных с перемещением по железной дороге.

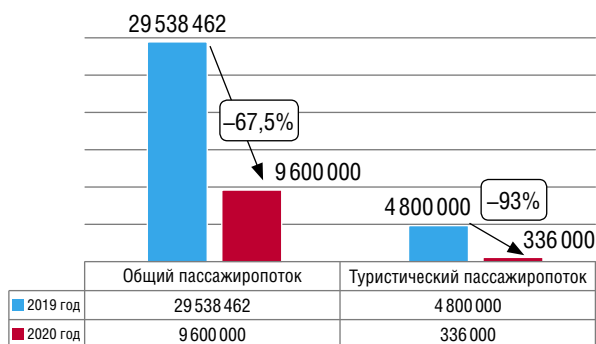


Рис. 6. Объем выездного пассажиропотока в РФ, пасс.-км

Удовлетворение спроса населения в путешествиях требует совершенствования внутреннего железнодорожного туризма для использования большого тури-

стического потенциала страны. Рассмотрим наиболее важные направления совершенствования железнодорожного туризма с точки зрения улучшения обслуживания клиентов.

Г. Н. Ефимова в работе [7] выделяет проблемы качества обслуживания при перемещении пассажиров по железной дороге. При опросе пассажиров поездов дальнего следования выявлено свыше 100 видов претензий: несвоевременное отправление и прибытие поездов, несоответствие качества обслуживания предлагаемой категории поезда, типа вагонов, места размещения пассажира, даты отправления поезда реальному спросу и др. (табл. 1). Среди претензий также отмечают плохое обслуживание на начальных станциях, нехватку мест в зале ожидания и недостаточное внимание работников вокзала к нуждам пассажиров.

Таблица 1

Претензии пассажиров к обслуживанию в поездах дальнего следования

Показатели	Итого, %
Техническое и санитарное состояние вагонов	44,7
Организация питания в пути следования	29,5
Комфортность поездки	24,0
Прочие причины	1,8

По данным табл. 1 видно, что существенной проблемой является плохое состояние парка вагонов [8]. Поезда, курсирующие на дальние расстояния, испытывают высокую нагрузку и быстро изнашиваются, что требует проведения качественных ремонтов транспортных средств, от которых зависит плавность хода состава. Толчки в пути следования и резкое торможение локомотива не только вызывают негативные эмоции у пассажиров, но иногда приводят к травмам. Это плохо сказывается на репутации обслуживающей компании и, как следствие, ведет к потере клиентов. Решением этой проблемы должна стать реорганизация ремонтных подразделений с целью повышения качества выполнения работ. Эта задача тесно связана с общим совершенствованием подвижного состава, в том числе предназначенного для туризма. Например, для комфортного размещения клиентов требуется оборудование вагонов современной системой климат-контроля. Также следует отметить отсутствие в настоящее время инфраструктуры для обслуживания туристических поездов: путей отстоя вагонов во время остановок, возможности подключения вагонов к сетям для автономной работы во время стоянок и т.д.

Помимо проблем качества обслуживания, наблюдается отсутствие прогнозирования объемов туристических перевозок в долгосрочной перспективе, а также активного продвижения туристических пакетов в межсезонный период и тесного взаимодействия с государством.

Для выявления проблем необходимо постоянно проводить мониторинг отзывов, жалоб и предложений пассажиров, пользующихся услугами железнодорожного транспорта в пригородном сообщении и на дальние расстояния, что позволит получить общую картину и понимание путей совершенствования обслуживания на железнодорожном транспорте.

Привлечению людей к путешествиям по железной дороге способствует разработка уникальных услуг. В качестве примера можно привести поезд «Рускеальский экспресс», курсирующий по маршруту Рускеала — Сортавала [9]. Его вагоны оформлены в стиле ретро, у пассажиров есть возможность запечатлеть путешествие на фото и поделиться оригинальными снимками в социальных сетях. В 2022 г. проект «Ожившая история. Рускеальский экспресс» отмечен премией Правительства РФ в области туризма. Такая эксклюзивная услуга пользуется спросом среди разных слоев населения, а через социальные сети автоматически идет реклама экспресса.

В соответствии с национальным проектом «Туризм и индустрия гостеприимства» [10], делается акцент

на развитие шести видов туризма: культурно-познавательного, экотуризма, пляжного отдыха, санаторно-курортного отдыха, событийного и горнолыжного туризма. Для реализации данной стратегии ОАО «РЖД» намечено решение следующих задач [8]:

- создание благоприятных условий для развития предпринимательской и инвестиционной деятельности в туризме;
- системное продвижение на внутреннем и мировом рынках;
- развитие туристической инфраструктуры;
- повышение доступности российских туристических продуктов;
- формирование системы планирования туристических территорий;
- совершенствование нормативного правового регулирования;
- цифровизация отрасли;
- развитие подготовки кадров в туризме.

Решение вышеперечисленных задач позволит привлечь разные категории туристов (студенты, семьи, пенсионеры) и повысить уровень пассажиропотока. При этом количество внутренних поездок (в том числе за счет импортозамещения) к 2030 г. должно возрасти до 140 000 000 пасс-км по сравнению с 65 000 000 пасс-км в 2020 г. **ИТ**

Список литературы

1. Названы наиболее пострадавшие от пандемии туристические регионы России // Seldon.News. URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/242950868> (дата обращения: 01.11.2022).
2. Статистический бюллетень Росстата к всемирному дню туризма — 2022 // Федеральная служба государственной статистики : официальный сайт. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/turism_2022.pdf (дата обращения: 10.11.2022).
3. О Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года: распоряжение Правительства РФ от 17.06.2008 № 877-р // ОАО «РЖД» : официальный сайт. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=155> (дата обращения: 03.11.2022).
4. Федеральная служба государственной статистики : официальный сайт. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения: 07.10.2022).
5. Национальный туристический рейтинг — 2021 // Журнал «Отдых в России». URL: <https://rustur.ru/nacionalnyj-turisticheskij-rejting-2021> (дата обращения: 13.11.2022).
6. Мачалкин С. Е., Морева С. Н. Трансформация мировой туристической индустрии под влиянием Covid-19 и новые тренды // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. 2021. Т. 7, № 4. URL: <https://cyberleninka.ru>.

References

1. The most affected by the pandemic tourist regions of Russia are named // Seldon.News. URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/242950868> (accessed: 01.11.2022).
2. Rosstat Statistical Bulletin for the World Tourism Day — 2022 // Federal State Statistics Service : official website. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/turism_2022.pdf (accessed: 10.11.2022).
3. On the Strategy for the development of railway transport in the Russian Federation until 2030: Decree of the Government of the Russian Federation No. 877-r dated 17.06.2008 // JSC «Russian Railways» : official website. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=155> (accessed: 03.11.2022).
4. Federal State Statistics Service : official website. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (accessed: 07.10.2022).
5. National tourist rating — 2021 // Magazine «Rest in Russia». URL: <https://rustur.ru/nacionalnyj-turisticheskij-rejting-2021> (accessed: 13.11.2022).
6. Machalkin S. E., Moreva S. N. Transformation of the world tourism industry under the influence of Covid-19 and new trends // Scientific result. Business and service technologies. 2021. Vol. 7, No. 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transformatsiya-mirovoy-turindus>.

- ru/article/n/transformatiya-mirovoy-turindustrii-pod-vliyaniem-covid-19-i-novye-trendy (дата обращения: 06.03.2023).
7. Ефимова Г. Н. Специфика и проблемы сервиса на железных дорогах // Современные проблемы сервиса и туризма. 2010. № 1. С. 51–57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/spetsifika-i-problemy-servisa-na-zheleznyh-dorogah> (дата обращения: 05.10.2022).
 8. РЖД испытывают тягу к проблемам и их решению // Сетевое издание Vgudok. URL: <https://vgudok.com/rassledovaniya/rzhd-ispytyvayut-tyagu-k-problemam-i-ih-resheniyu-kadry-remonty-bezopasnost> (дата обращения: 13.11.2022).
 9. Ретропоезд «Рускеальский экспресс» Сортавала — Рускеала // ОАО «РЖД» : официальный сайт. URL: <https://www.rzd.ru/ru/9315/page/103290?id=18271> (дата обращения: 01.03.2023).
 10. Национальный проект «Туризм и индустрия гостеприимства» // Федеральное агентство по туризму : официальный сайт. URL: <https://tourism.gov.ru/deyatelnost/natsionalnyy-proekt-turizm-i-industriya-gostepriimstva/> (дата обращения: 15.11.2022).
7. Efimova G. N. Specifics and problems of service on railways // Modern problems of service and tourism. 2010. No. 1. P. 51–57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/spetsifika-i-problemy-servisa-na-zheleznyh-dorogah> (accessed: 05.10.2022).
 8. Russian Railways have a craving for problems and their solution // Online edition of Vgudok. URL: <https://vgudok.com/rassledovaniya/rzhd-ispytyvayut-tyagu-k-problemam-i-ih-resheniyu-kadry-remonty-bezopasnost> (accessed: 13.11.2022).
 9. Retro train «Ruskeala express» Sortavala — Ruskeala // JSC «Russian Railways» : official website. URL: <https://www.rzd.ru/ru/9315/page/103290?id=18271> (accessed: 01.03.2023).
 10. National project «Tourism and the hospitality industry» // Federal Agency for Tourism : official website. URL: <https://tourism.gov.ru/deyatelnost/natsionalnyy-proekt-turizm-i-industriya-gostepriimstva/> (accessed: 15.11.2022).



Алексей Анатольевич
Ковалев

Alexey A. Kovalev



Евгений Игоревич
Суриков

Evgeny I. Surikov

Модель оценки качества электропотребления нетяговых железнодорожных потребителей

A model for assessing the quality of power consumption of non-traction railway consumers

Аннотация

В статье представлен обзор реализации различных видов деятельности нетяговых железнодорожных потребителей. Приведена модель оценки качества электропотребления, в которой используются основные характеристики качества электроэнергии.

Ключевые слова: модель, качество, электропотребление, нетяговые железнодорожные потребители.

Abstract

The article presents the overview of implementation of various types of activities of non-traction railway consumers. The model for assessing the quality of electricity consumption is presented, which uses the main characteristics of the quality of electric power.

Keywords: model, quality, power consumption, non-traction railway consumers.

Авторы Authors

Алексей Анатольевич Ковалев, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Евгений Игоревич Суриков, ассистент кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Alexey A. Kovalev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of "Transport Power Supply" Department of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | Evgeny I. Surikov, Assistant of "Transport Power Supply" Department of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg

Введение

В настоящее время в железнодорожной отрасли проводится широкий спектр мероприятий по повышению энергоэффективности на железнодорожных станциях: устанавливаются новые системы освещения, управления отоплением и охлаждением, внедряется современное оборудование [1].

При эксплуатации электроэнергетических систем нередко возникают проблемы, связанные с ухудшением качества электроэнергии, приводящие к снижению производительности, потере и повреждению данных и оборудования. Для поддержания точной работы чувствительного оборудования требуется оценка качества электроэнергии, которая сводит к минимуму ненужные потери энергии в энергосистеме. В результате экономятся средства, которые можно использовать для модернизации системы электроснабжения.

Качественная и количественная оценка параметров потребления энергии, не связанной с тягой поездов, осуществляется на основании данных учета энергии и расчетов.

К нетяговым железнодорожным потребителям относятся все службы железных дорог, связанные с обслуживанием и эксплуатацией подвижного состава, машин и механизмов, необходимых для питания электрооборудования депо, линейных устройств автоблокировки, промышленных предприятий, освещения станций и т.д.

В табл. 1 представлен обзор различных видов деятельности по энергосбережению нетяговых железнодорожных потребителей [2].

Деятельность с наибольшим количеством экспериментальных проектов — новые системы освещения станционных зданий и перронов (в частности, светодиодное освещение). Главными направлениями по количеству уже реализованных решений являются капитальный ремонт зданий и энергоэффективное оборудование. Основное внимание уделяется улучшению теплоизоляции зданий.

На рис. 1. представлена статистика реализации проектов энергоэффективности нетяговых железнодорожных потребителей. В настоящее время основное внимание уделяется исследованиям (34 %) и экспериментальным проектам (21 %), количество реализованных проектов составляет 19 %. 26 % проектов энергоэффективности станций на данный момент неактуальны, так как необходимо выполнить их капитальный ремонт или реконструкцию.

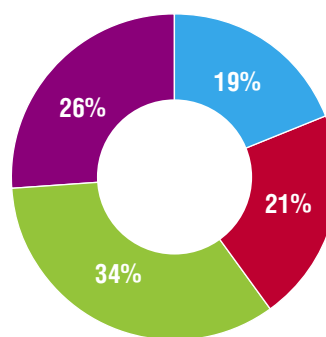


Рис. 1. Статистика реализации проектов энергоэффективности нетяговых железнодорожных потребителей, связанных с энергоэффективностью:

■ — реализовано; ■ — экспериментальные проекты; ■ — исследования; ■ — не актуально

Таблица 1

Энергоэффективные виды деятельности нетяговых железнодорожных потребителей станции по состоянию на 2022 г.

Вид деятельности по энергоэффективности	Уровень реализации проектов			
	Реализовано	Экспериментальные проекты	Исследования	Общее количество
Новые системы освещения станционных зданий	5	10	18	33
Новые системы освещения платформ	3	5	7	15
Оптимизированные системы отопления	2	5	12	19
Оптимизированное кондиционирование и охлаждение	5	5	9	19
Энергоэффективное оборудование	7	3	9	19
Капитальный ремонт зданий (пластиковые окна и другое)	6	3	4	13
Всего	28	31	59	118

Разработка модели оценки качества электропотребления нетяговых железнодорожных потребителей

При оценке качества электропотребления нетяговых железнодорожных потребителей можно определить, что один источник электроэнергии имеет хорошее качество электроэнергии, однако присутствуют показатели, которые превышают пределы (гармоники, скачки напряжения, перенапряжение и мерцание) [3, 4], в то время как второй источник имеет недопустимое качество электроэнергии. Возникают как единичные, так и регулярные возмущения. К ним относятся падение напряжения, скачки напряжения, пониженное напряжение, временное отключение, переходное напряжение и мерцание. Предлагаются следующие варианты контроля:

1. Методы смягчения установкой пассивного фильтра подавления гармоник для уменьшения гармонических искажений.

2. Установка динамического восстановителя напряжения для смягчения возмущений напряжения, а также изоляции всех чувствительных и критических нагрузок.

3. Установка резервного питания устройств от источников бесперебойного питания (ИБП) [5].

Можно выделить основные этапы разработки модели оценки качества электропотребления нетяговых железнодорожных потребителей:

1. Разработка статистически обоснованной программы измерения, которая позволила бы оценить уровни качества электроэнергии (КЭ).

2. Измерение параметров электроэнергии, поставляемой нетяговым железнодорожным потребителям, достаточных для описания переходных процессов, гармоник, кратковременных и длительных изменений напряжения.

3. Выполнение аналитических исследований для проверки и улучшения аналитических моделей с использованием данных измерений.

4. Оценка ограничения типичной системы распределения электроэнергии для электропотребления нетяговых железнодорожных потребителей, ухудшающих качество электроэнергии.

5. Проведение исследования для определения мер по улучшению качества электроэнергии с точки зрения системы электроснабжения.

Данная модель является универсальной для оценки качества электропотребления всех нетяговых железнодорожных потребителей.

Проблемы в качестве электроэнергии могут вызывать:

- мгновенные прерывания;
- переходные процессы переключения конденсатора;
- молния;
- гармоническое искажение;

- перегрузка нейтрального проводника;
- трансформаторное отопление;
- мерцание напряжения;
- засечки напряжения;
- переходные процессы переключения цепи нагрузки [6].

Модель предназначена для компьютерного моделирования, ручных расчетов или применения простых правил, что делает ее универсальной. Использование ЭВМ повышает точность и надежность расчетов, а также может предупредить о возникновении возможных неполадок.

Основные этапы оценки качества электропотребления нетяговых железнодорожных потребителей (рис. 2).

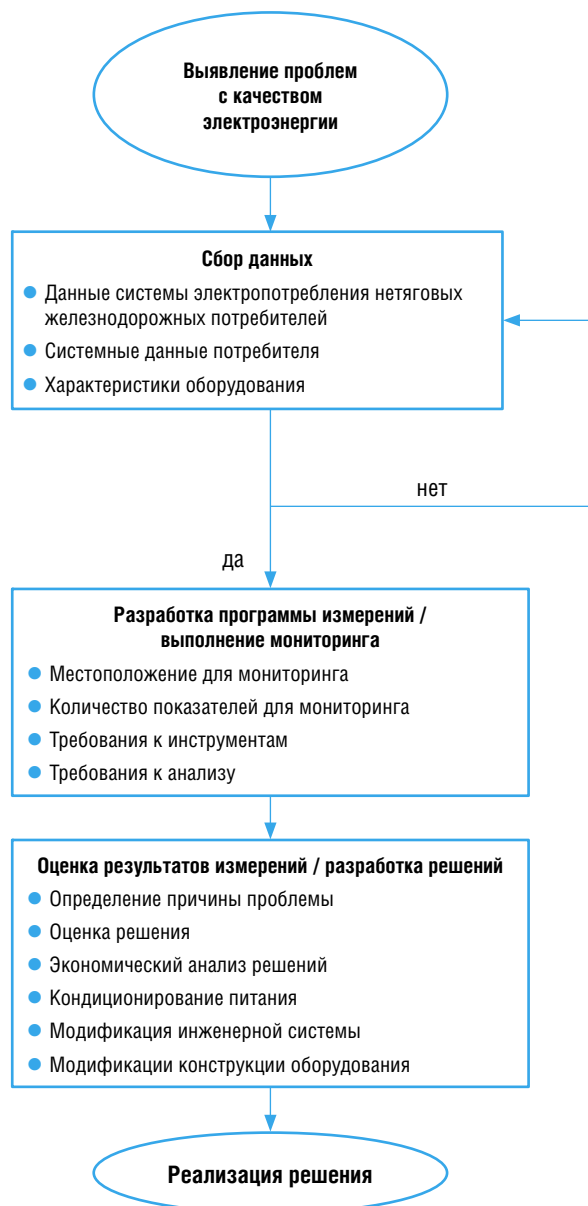


Рис. 2. Модель оценки качества электропотребления нетяговых железнодорожных потребителей

1. Сбор данных требуется для предварительного анализа и с целью разработки системы электропотребителя и частей инженерной системы нетяговых потребителей. Информация собирается в базу данных и включает в себя:

- нагрузочные характеристики (моторы, силовая электроника, приводы с регулируемой скоростью, освещение и иные элементы системы нетяговых железнодорожных потребителей);
- длину проводника и его характеристики;
- оборудование и коммутацию цепей;
- оборудование для стабилизации электроэнергии (ограничители перенапряжений);
- систему ИБП;
- гармонические фильтры.

2. Разработка программы измерений и проведение мониторинга. Программа измерений должна быть разработана на основе конкретных чувствительных нагрузок, существующих на объектах исследования. Мониторинг, как правило, выполняется для входных параметров и вблизи конкретных чувствительных потребителей, чтобы охарактеризовать помехи, исходящие от системы, и помехи, локализованные на чувствительных нагрузках. В план программы измерений входят:

- мониторинг продолжительности;
- пороговые уровни, при которых инициируется запись возмущений;
- требования к дискретизации сигналов и хранению данных;
- процедура анализа и форматы представления данных.

3. Этап оценивания результатов измерений и разработки решения. Результаты измерений анализируются. Данные первоначальных измерений и обследования электропотребления нетяговых железнодорожных потребителей используются для определения важных параметров. После определения диапазона технических решений необходимо провести экономический анализ для оценки возможных альтернатив решения проблем качества электроэнергии. Эти альтернативы, как правило, включают в себя следующие варианты:

- формирование мощности и фильтрацию на чувствительных нагрузках;
- модификацию конструкции чувствительных нагрузок, чтобы сделать их менее чувствительными к колебаниям качества электроэнергии.

Выводы

В работе рассмотрено влияние качества электроэнергии на поведение электрической системы нетяговых железнодорожных потребителей, предложена модель оценки качества электропотребления, актуальная для всех нетяговых железнодорожных потребителей, чтобы поддерживать хорошие характеристики электрической системы и избегать проблем с эксплуатацией [5].

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Качество электроснабжения имеет существенное значение для надежности работы всех потребителей на железнодорожных сетях, в том числе и нетяговых. Недопустимые отклонения показателей качества электроэнергии (ПКЭ) могут стать причиной отказов в работе устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, от которых напрямую зависит безопасность движения поездов.

2. Качество питания оказывает непосредственное влияние на электрооборудование и различные системы, поскольку помехи приводят к повреждению оборудования и плохой работе системы. Для электропитания высокочувствительного оборудования необходимо проводить оценку качества электроэнергии, чтобы избежать аварий.

3. В приемниках, содержащих источники гармоник высокого уровня, нежелательно добавлять конденсаторы для улучшения коэффициента мощности, но лучшим решением является использование фильтров для устранения гармоник и улучшения коэффициента мощности.

4. Оценку качества электроэнергии следует рассматривать как один из важных шагов при определении места расположения электропотребителя, чтобы избежать негативного воздействия помех на работу устройств электроснабжения. **ИТ**

Список литературы

1. Третьяков Е. А. Методика оценки совокупного влияния состава технологического оборудования нетяговых потребителей железнодорожного транспорта на синусоидальность питающих напряжений // Молодежь, наука, творчество — 2005: межвузовская научно-практическая конференция студентов и аспирантов : сборник материалов / Омский государственный институт сервиса. Омск, 2005. С. 339–340.
2. Энергосбережение на железнодорожном транспорте : учебник для вузов / В. А. Гапанович, В. Д. Авиллов, Б. А. Аржанников [и др.]; под ред. В. А. Гапановича. М. : МИСиС, 2012. 605 с.

References

1. Tretyakov E. A. Methodology for assessing the cumulative effect of the composition of technological equipment of non-traction consumers of railway transport on the sinusoidal nature of supply voltages // Youth, science, creativity — 2005: interuniversity scientific and practical conference of students and postgraduates : collection of materials / Omsk State Institute of Service. Omsk, 2005. P. 339–340.
2. Energy saving in railway transport : textbook for universities / V. A. Gapanovich, V. D. Avilov, B. A. Arzhannikov [et al.]; edited by V. A. Gapanovich. M. : MISIS, 2012. 605 p.

3. Черемисин В. Т., Комяков А. А. Система анализа и планирования расхода электрической энергии на нетяговые нужды структурных подразделений ОАО «РЖД» // Транспорт Урала. 2008. № 3. С. 79–82. ISSN 1815–9400.
4. Авилов В. Д., Третьяков Е. А. Анализ структуры электропотребления обособленного предприятия железнодорожного транспорта // Ресурсосберегающие технологии на обособленных подразделениях Западно-Сибирской железной дороги : материалы научно-практической конференции. Омск : ОмГУПС, 2003. С. 108–111.
5. Ковалев А. А., Чебаков С. А. Анализ ситуаций, приводящих к ухудшению показателей качества электроэнергии в сетях нетяговых потребителей железнодорожного транспорта // Практическая силовая электроника. № 3 (87). С. 50–52. ISSN 1996–7888.
6. Ковалев А. А., Шелюг С. Н., Шаюхов Т. Т. Вероятностно-статистический метод определения потерь электроэнергии в распределительных сетях нетяговых потребителей // Транспорт Урала. 2019. № 4 (63). С. 69–74. ISSN 1815–9400.
3. Cheremisin V. T., Komyakov A. A. System of analysis and planning of electric energy consumption for non-traction needs of structural subdivisions of JSC «Russian Railways» // Transport of the Urals. 2008. No. 3. P. 79–82. ISSN 1815–9400.
4. Avilov V. D., Tretyakov E. A. Analysis of the structure of power consumption of a separate railway transport enterprise // Resource-saving technologies at separate divisions of the West Siberian Railway : materials of the scientific and practical conference. Omsk : OmGUPS, 2003. P. 108–111.
5. Kovalev A. A., Chebakov S. A. Analysis of situations leading to deterioration of electricity quality indicators in the networks of non-traction consumers of railway transport // Practical power electronics. No. 3 (87). P. 50–52. ISSN 1996–7888.
6. Kovalev A. A., Shelyug S. N., Shayukhov T. T. Probabilistic-statistical method for determining electricity losses in distribution networks of non-traction consumers // Transport of the Urals. 2019. No. 4 (63). P. 69–74. ISSN 1815–9400.

Артур Алексеевич
Созыкин

Arthur A. Sozykin

Елена Александровна
Русакова

Elena A. Rusakova

Методы повышения производительности беспроводных сетей Wi-Fi

Methods for improving the performance of wireless Wi-Fi networks

Аннотация

В работе рассматривается проблема увеличения пропускной способности беспроводных сетей Wi-Fi в условиях ограниченного спектра. Представлены различные технологии: увеличение длины битовой последовательности, пространственное разнесение и мультиплексирование сигналов, технология распределения ресурсов при пространственном разнесении, а также метод блочной передачи данных. На основании проведенного исследования определено дальнейшее направление развития беспроводных сетей Wi-Fi.

Ключевые слова: сети стандарта IEEE 802.11, беспроводные сети Wi-Fi, квадратурная модуляция, QAM, пространственное разнесение потоков, методы множественного доступа, мультиплексирование, методы модуляции, методы многопользовательского доступа OFDMA.

Abstract

The paper considers the problem of increasing the bandwidth of wireless Wi-Fi networks in limited spectrum conditions. Various technologies are presented: increasing the length of the bit sequence, spatial diversity and multiplexing of signals, the technology of resource allocation in spatial diversity, as well as the method of block data transmission. Based on the conducted research, the further direction of the development of wireless Wi-Fi networks has been determined.

Keywords: IEEE 802.11 standard networks, Wi-Fi wireless networks, quadrature modulation, QAM, spatial diversity of streams, multiple access methods, multiplexing, modulation methods, OFDMA multiuser access methods.

Авторы Authors

Артур Алексеевич Созыкин, магистрант Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Елена Александровна Русакова, канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: ERoussakova@usurt.ru

Arthur A. Sozykin, Master's degree student of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | Elena A. Rusakova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Railway Automation, Telemechanics and Communication" of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: ERoussakova@usurt.ru

С каждым днем объем передаваемой информации в глобальной сети увеличивается, вместе с тем возрастают и требования к пропускной способности сетей [1]. По данным интернет-издания Finances Online, 52,6 % всего интернет-трафика поступает через беспроводные сети Wi-Fi [2]. В сентябре 2022 г. на сайте Кремля был опубликован перечень поручений по развитию технологического суверенитета страны. В частности, кабмину поручено представить предложения по совершенствованию сетей связи, что говорит об актуальности развития беспроводных сетей и телекоммуникационных систем в целом [3]. Беспроводные сети Wi-Fi повсеместно применяются на железнодорожном транспорте: для предоставления актуальной информации пассажирам, соблюдения графика движения и обеспечения безопасности движения поездов.

На данный момент основным направлением развития беспроводных сетей Wi-Fi является система MIMO-OFDM. Она представляет собой процесс разделения полосы пропускания на множество информационных и служебных поднесущих (OFDM) при многолучевом распространении сигналов между множествами антенн приемного и передающего устройств (MIMO) [4].

OFDM разносит данные на параллельные ортогональные потоки, передаваемые на поднесущих одной полосы пропускания (рис. 1), и использует поднесущие, которые модулируются с помощью BPSK, QPSK, и QAM [5].

Актуальный стандарт сетей Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) направлен на увеличение емкости системы, снижение задержки и повышение эффективности в сценарии высокой плотности пользователей. Для сравнения: предыдущий стандарт 802.11ac использует 256-QAM, где каждый символ передает 8-битные данные ($2^8 = 256$) [7]. В свою очередь, стандарт 802.11ax использует 1024-QAM, где передаются 10-битные данные ($2^{10} = 1024$), что увеличивает пропускную способность (рис. 2) [5].

В предыдущем стандарте IEEE 802.11ac (Wi-Fi 5) пользователи различались на основе временных сегментов. В каждом временном сегменте один пользователь занимал все поднесущие и отправлял полный пакет данных, как показано на рис. 3.

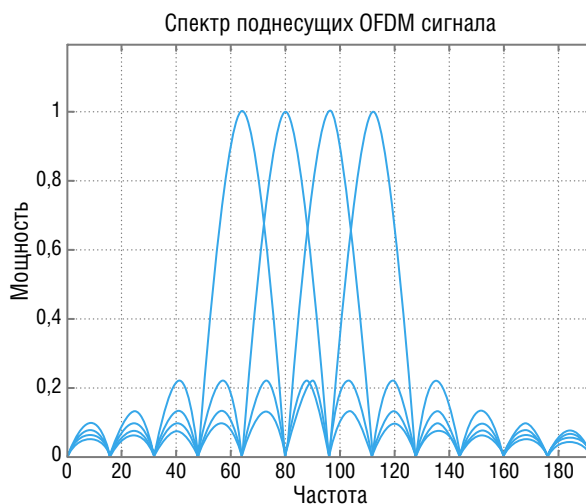


Рис. 1. Спектр поднесущих OFDM-сигнала [6]

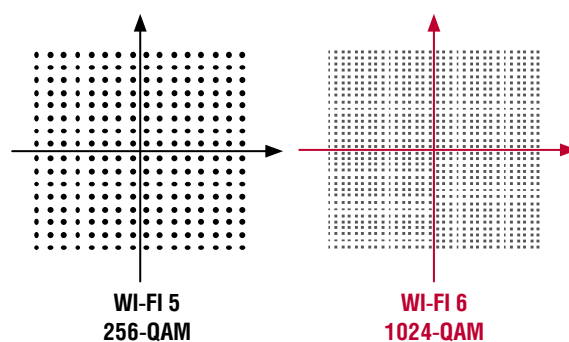


Рис. 2. Увеличение количества состояний сигнала QAM

OFDMA — это более действенный метод передачи данных, представленный в стандарте IEEE 802.11ax. Данная технология позволяет нескольким пользователям повторно использовать ресурсы канала путем распределения поднесущих для различных пользователей. Мощность передачи определяется по характеристикам канала, что помогает оптимально распределить временно-частотные ресурсы. Стандарт Wi-Fi 6 группирует несущие как единицы ресурса (RU, Resource Unit), которые содержат по крайней мере 26 подне-

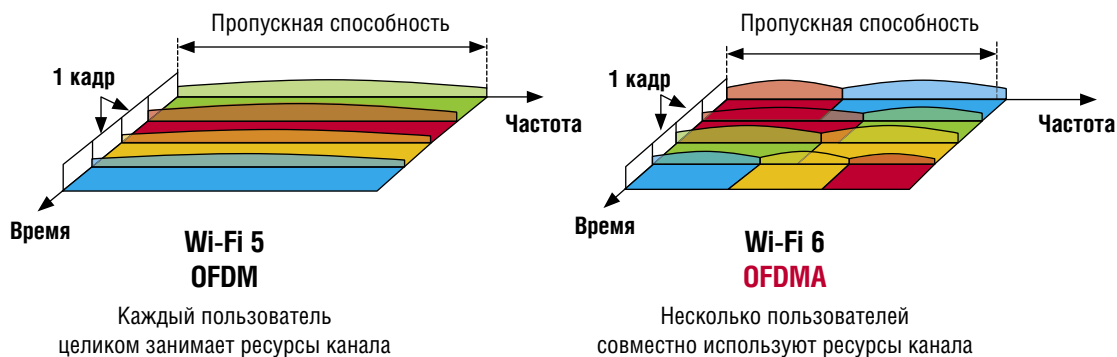


Рис. 3. Режимы работы OFDM и OFDMA:

■ — пользователь 1; ■ — пользователь 2; ■ — пользователь 3; ■ — пользователь 4

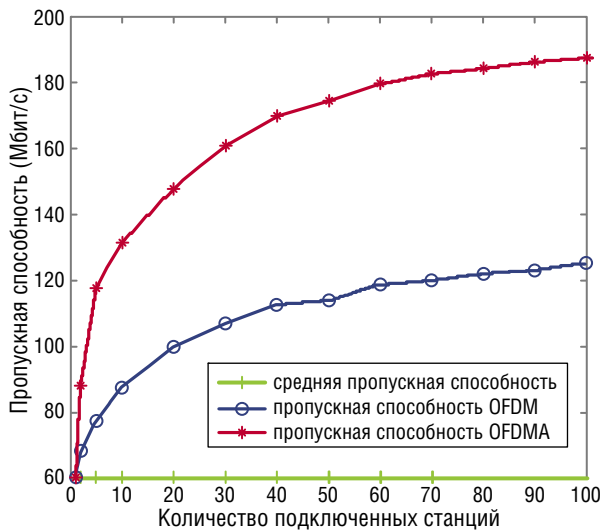


Рис. 4. Моделирование многопользовательской пропускной способности в режимах OFDM и OFDMA для канала шириной 80 МГц

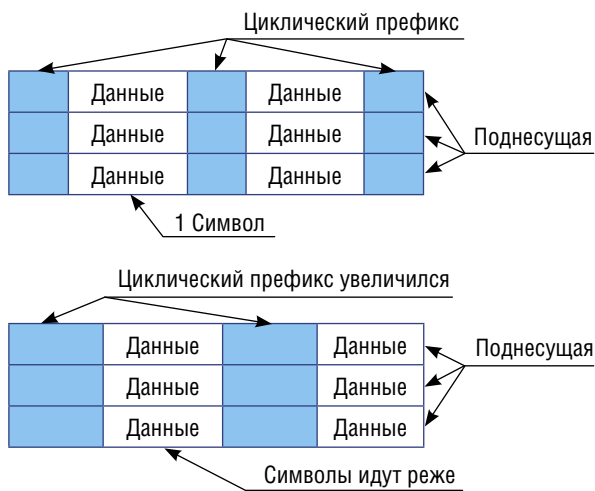


Рис. 5. Интервал передачи информации при помощи OFDM [6]

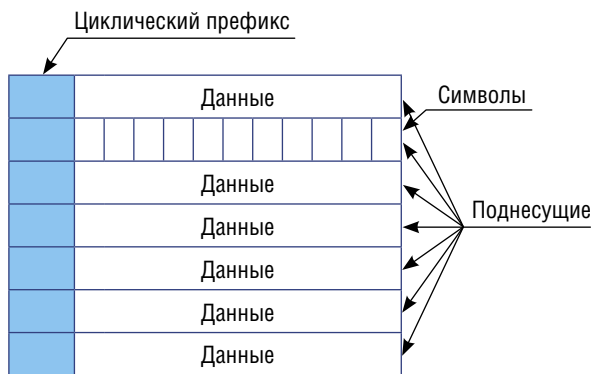


Рис. 6. Структура блока GFDM-сигнала [6]

сущих на одного пользователя. Ресурсы всего канала делятся на небольшие RU с фиксированными размерами. В режиме OFDMA данные пользователя передаются на каждой RU, поэтому на общем ресурсе канала несколько пользователей могут передавать данные во временном сегменте одновременно, что позволяет получить оптимальное распределение ресурсов канала, увеличение количества одновременных пользователей, более высокую пропускную способность клиентов (рис. 4).

Однако не только при помощи уплотнения спектра передаваемого сигнала можно увеличить пропускную способность сети. Например, MU-MIMO (Multi User MIMO) в пределах полосы пропускания применяет пространственное разнесение для передачи независимых потоков. В отличие от OFDMA пользователи используют все полосы пропускания, что обеспечивает преимущества мультиплексирования. Ограниченное физическим размером корпуса клиентское устройство способно работать не более чем с двумя антеннами, в то время как точка доступа — с четырьмя и более. Технология MU-MIMO внедрена для того, чтобы точка доступа могла передавать данные нескольким клиентам одновременно, что дополнительно повышает пропускную способность.

При всем вышперечисленном OFDM имеет несколько недостатков:

1. Увеличение количества многолучевых компонент ведет к увеличению длительности префикса (защитного интервала). К примеру, на 1 с общего времени работы системы передача информации длится 0,5 с, оставшееся время занимают циклические префиксы (рис. 5).
2. Внеполосное излучение — выход передаваемого сигнала за пределы разрешенного диапазона частот — неэффективно использует доступный радиоресурс.
3. Увеличение отношения максимальной амплитуды сигнала к средней (PAPR) из-за равномерного распределения по спектру полосы пропускания [6].

Помимо OFDM, существует метод модулирования сигнала Generalized Frequency Division Multiplexing (GFDM), который, так же как и OFDM, использует поднесущие для передачи данных, в том числе занятые другой системой. Повышение производительности достигается передачей данных в виде блоков с защитным интервалом в конце каждого блока, а не после каждого символа, с разнесением блоков и во времени, и по частоте. Каждый блок состоит из нескольких поднесущих и субсимволов, которые модулируются независимо друг от друга. Поднесущие GFDM могут потерять ортогональность из-за применяемой фильтрации поднесущих, что приводит к межканальной или межсимвольной интерференции (рис. 6). В данном случае для устранения межсимвольной интерференции в блоке используется функция «root-raised cosine» (RRC). Каждый символ во временной обла-

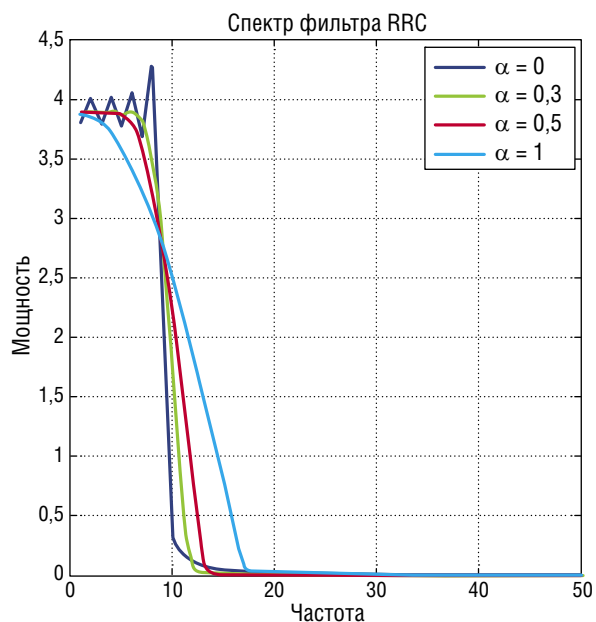
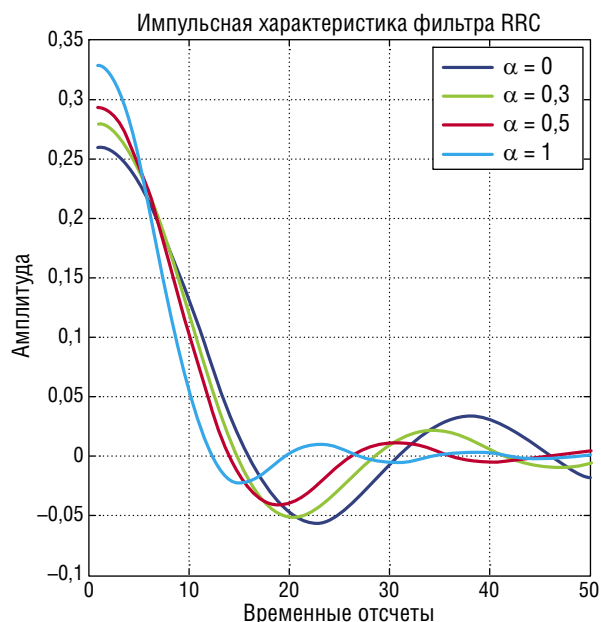


Рис. 7. Применение RRC-фильтра [6]

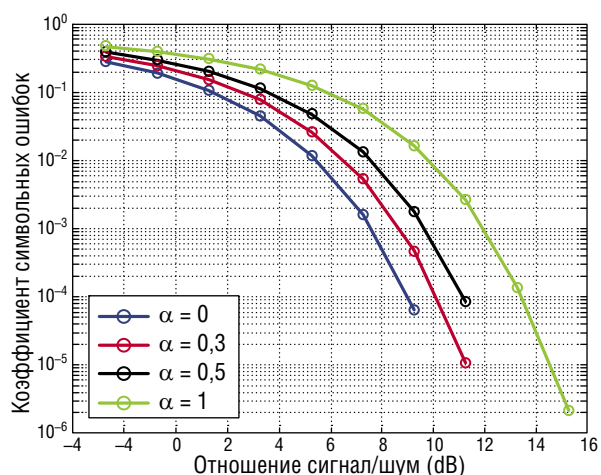


Рис. 8. Коэффициент ошибок символов GFDM [6]

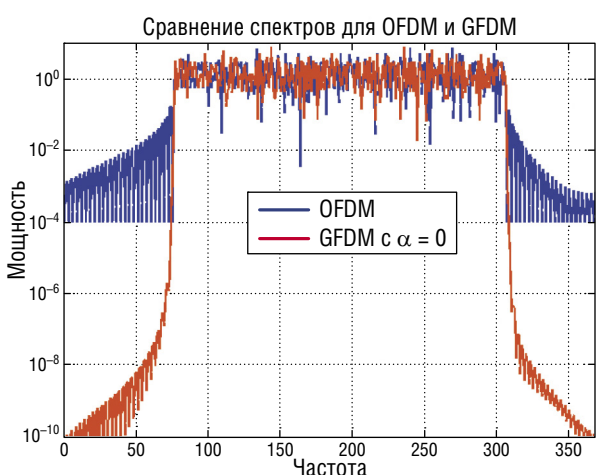


Рис. 9. Сравнение спектров для OFDM и GFDM [6]

сти описывается заданной функцией. RRC-фильтры задают переменную α , регулирующую уровень межсимвольной интерференции. Функция RRC занимает весь блок данных во времени, однако она минимизирует как межканальную, так и межсимвольную интерференцию (рис. 7) [6].

RRC-фильтр формирует ошибки вблизи частоты среза. Взаимосвязь числа ошибок от параметра α для псевдообратной матрицы представлена ниже: качество связи падает с ростом количества ошибок и увеличением коэффициента α . Снижение числа ошибок возможно при помощи, например, «double side interference cancellation» — метода подавления интерференции (рис. 8).

Данный метод снижает внеполосное излучение быстрее, обеспечивая большую эффективность по сравнению с OFDM (рис. 9).

Выводы

В работе приведен обзор технологий, повышающих производительность беспроводных сетей Wi-Fi, таких как OFDMA, MU-MIMO и GFDM, обеспечивающих более эффективное использование радиочастотного тракта. Выявлены преимущества и недостатки перечисленных методов.

Системы MIMO-GFDM являются наиболее перспективными для применения в будущих поколениях стандарта IEEE 802.11, включая метод параллельной передачи данных GFDM, что в дальнейшем позволит увеличить производительность беспроводных сетей. Увеличение скорости работы Wi-Fi на железнодорожном транспорте, в свою очередь, будет способствовать повышению качества предоставляемых транспортных услуг. ИТ

Список литературы

1. Лишь 10 % ИТ-директоров уже внедрили в своей организации стандарт Wi-Fi 6 // TAdviser. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья : Wi-Fi_\(Wireless_Fidelity\)_-_стандарт_беспроводной_связи_802.11](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья : Wi-Fi_(Wireless_Fidelity)_-_стандарт_беспроводной_связи_802.11) (дата обращения: 24.11.2022).
2. Number of Internet Users in 2022/2023: Statistics, Current Trends, and Predictions // FinancesOnline. URL: <https://financesonline.com/number-of-internet-users/> (дата обращения: 24.11.2022).
3. Перечень поручений по итогам заседания Совета по стратегическому развитию и национальным проектам // Администрация Президента России: официальный сайт. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/69277> (дата обращения: 24.11.2022).
4. Технологии современных беспроводных сетей Wi-Fi / Е. В. Смирнова, А. В. Пролетарский, Е. А. Ромашкина [и др.]. М. : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. 448 с.
5. 802.11–2020 — IEEE Standard for Information Technology — Telecommunications and Information Exchange between Systems — Local and Metropolitan Area Networks — Specific Requirements — Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications // IEEE Xplore. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9363693> (дата обращения: 28.10.2022).
6. GFDM — как использовать радио-ресурсы еще эффективнее // Хабр. URL: <https://habr.com/ru/post/399433/> (дата обращения: 22.11.2022).
7. 802.11–2016 — IEEE Standard for Information technology — Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks — Specific requirements — Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications // IEEE Xplore. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7786995> (дата обращения: 28.10.2022).

References

1. Only 10 % of IT directors have already implemented the Wi-Fi 6 standard in their organization // TAdviser. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья: Wi-Fi_\(Wireless_Fidelity\)_-_standard_of_wireless_802.11](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья: Wi-Fi_(Wireless_Fidelity)_-_standard_of_wireless_802.11) (accessed: 11/24/2022).
2. Number of Internet Users in 2022/2023: Statistics, Current Trends, and Predictions // FinancesOnline. URL: <https://financesonline.com/number-of-internet-users/> (accessed: 11/24/2022).
3. List of instructions following the meeting of the Council for Strategic Development and National Projects // Administration of the President of Russia: official website. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/69277> (accessed: 11/24/2022).
4. Technologies of modern wireless Wi-Fi networks / E. V. Smirnova, A. V. Proletarsky, E. A. Romashkina [et al.]. Moscow : Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2017. 448 p.
5. 802.11–2020 — IEEE Standard for Information Technology — Telecommunications and Information Exchange between Systems — Local and Metropolitan Area Networks — Specific Requirements — Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications // IEEE Xplore. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9363693> (accessed: 10/28/2022).
6. GFDM — how to use radio-resources are even more efficient // Habr. URL: <https://habr.com/ru/post/399433/> (accessed: 11/22/2022).
7. 802.11–2016 — IEEE Standard for Information technology — Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks — Specific requirements — Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications // IEEE Xplore. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7786995> (accessed: 10/28/2022).



Марина Александровна
Звягина

Marina A. Zvyagina



Василий Федорович
Лапшин

Vasily F. Lapshin

Анализ технического состояния инновационных грузовых вагонов

Analysis of the technical condition of innovative freight rail cars

Аннотация

В рамках работы выполнен анализ технического состояния инновационных полувагонов постройки 2015–2021 гг. в сравнении с полувагонами на тележках с осевой нагрузкой 23,5 т/ось. При оценке эффективности вагонов за основу принималось количество отцепок вагонов в текущий и плановый виды ремонтов за межремонтный период. Показано, что значительная доля отцепок полувагонов в текущий ремонт происходит из-за повреждений. В общей сложности у инновационных вагонов повреждаемость на 42 % выше типовых вагонов. На основе анализа сделан вывод о несовершенстве действующей системы учета эксплуатационной работы вагонов. Существующая упрощенная система учета по пробегу и сроку эксплуатации не позволяет выявить причинно-следственную связь возникновения неисправностей.

Ключевые слова: инновационный вагон, неисправность, повреждение, удельная повреждаемость, текущий ремонт, срок эксплуатации, технология эксплуатации вагонов.

Abstract

As part of the work, the technical condition of innovative gondola rail cars built in 2015–2021 was analyzed in comparison with gondola rail cars on trolleys with the axial load of 23.5 t/axle. When evaluating the railway car efficiency, the number of railway car uncouplings in the current and planned types of repairs during the overhaul period was taken as a basis. It is shown that a significant proportion of gondola rail cars uncouplings in the current repair is due to damage. In total, the damage rate of innovative railcars is 42% higher than for standard railcars. Based on the analysis, the conclusion is made about imperfection of the current system of accounting for the operational work of railcars. The existing simplified accounting system for mileage and service life does not allow to identify the cause-and-effect relationship of occurrence of malfunctions.

Keywords: innovative railcar, malfunction, damage, specific damage, maintenance, service life, technology of operation of railcars.

Авторы Authors

Марина Александровна Звягина, студент гр. ПСгв-419 Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: mrnzvgn@gmail.com | Василий Федорович Лапшин, д-р техн. наук, профессор кафедры «Вагоны» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: VLapshin@usurt.ru

Marina A. Zvyagina, a student of gr. PSgv-419 of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: mrnzvgn@gmail.com | Vasily F. Lapshin, Doctor of Technical Sciences, Professor of "Railway Cars" Department of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: VLapshin@usurt.ru

По состоянию на 2022 г. общий парк вагонов на сети железных дорог составляет 1262 тыс. единиц. Из них 82,2 % с осевой нагрузкой 23,5 тс и 17,8 % (инновационные вагоны) с осевой нагрузкой 25 тс и буксовыми узлами кассетного типа [1]. Среди других критериев, определяющих инновационность грузового подвижного состава, выделяют [2]: пробег от постройки и капитального ремонта до деповского ремонта не менее 500 тыс. км (не менее 6 лет); межремонтный пробег между деповскими ремонтами не менее 250 тыс. км (не менее 4 лет).

При оценке эффективности вагонов за основу принималось количество отцепок вагонов в текущий и плановый виды ремонтов за межремонтный период. Так, по данным ОВК¹ [3], «за 1 млн км тихвинскому вагону потребуется пройти всего один плановый ремонт, в то время как типовому — шесть (один из которых — капитальный)». Кроме того, количество отцепок инновационных полувагонов производства ОВК в ТОР на этом отрезке не более пяти, тогда как типовых — до 12 [3].

Однако в широкой печати имеются весьма неоднозначные, а порой и противоречивые мнения об эффективности инновационных вагонов [4, 5]. Так, согласно данным ПГК², превышение простоя в ТОР (текущий отцепочный ремонт ТР-2 с отцепкой от состава поезда) составляет 36 %, затраты на передислокацию увеличиваются в разы, а средневзвешенные затраты на 16 лет эксплуатации на 31,4 % больше по сравнению с обычными вагонами [5]. В то же время, по данным ОВК, «поддержание полувагона ОВК в исправном состоянии обходится его владельцу в два раза дешевле, чем типового» [3].

Тем не менее очевидно, что эксплуатационные затраты на содержание инновационных вагонов нивелируют их преимущества по грузоподъемности и межремонтному сроку. Связано это с высокой стоимостью узлов и деталей и дополнительной логистикой для проведения ремонта. Как показывает практика, основная доля отказов грузовых вагонов современного парка связана с неисправностями колесных пар [1] и нарушением сохранности вагонов в процессе погрузочно-разгрузочных операций [4]. В этом случае необходимо иметь достоверную информацию не только о количестве отцепок вагонов в текущий ремонт, но и о структуре отцепок в ТОР.

В рамках работы выполнен анализ технического состояния инновационных полувагонов постройки 2015–2021 гг. в сравнении с полувагонами на тележках 18-100 с осевой нагрузкой 23,5 т/ось и их аналогах (далее — типовые вагоны). Выборочная совокупность составляла по 100 полувагонов типовых и инновационных моделей:

- типовые: модель 12-132 — УВЗ; 12-2153 и 12-296 — «Алтайвагонзавод»; 12-9766 — Рославльский вагоноремонтный завод; 12-1293 — «Рузхиммаш»;

- инновационные: модели 12-196-01, 12-196-02 — УВЗ; 12-9853 — ТВСЗ; 12-2143 — «Алтайвагонзавод».

За основной качественный показатель надежности в работе принята «удельная повреждаемость», которая определялась как число неисправностей, приходящихся на 100 единиц подвижного состава, и выражалась в долях от единицы. В данном случае понятие «удельная повреждаемость» распространяется на все неисправности независимо от причины возникновения (технологические, эксплуатационные, повреждения), являющиеся основанием для отцепки вагона в текущий ремонт. Не останавливаясь на особенностях методики и размере выборочной совокупности, отметим, что представленные результаты являются первым этапом исследований. В дальнейшем предусмотрено еще три этапа с очередностью через 3 месяца.

Сбор данных о техническом состоянии вагонов осуществлялся с использованием автоматизированной системы управления пунктом технического обслуживания (АСУ ПТО). В выборочную совокупность вошли полувагоны со сроком эксплуатации от 1 года до 6 лет, находящиеся на станциях Пермь-Сортировочная и Екатеринбург-Сортировочный в период с 1 по 29 июля 2022 года. Общее количество вагонов — по 100 единиц инновационных и типовых.

Как показал анализ, количество отцепок в текущий ремонт в малой степени зависит от срока эксплуатации вагона. Так, полувагон модели 12-196-02 № 606...229 (постройки 2017 г.) 10 раз подавался в текущий ремонт, в том числе 6 раз в ТР-2. Полувагон № 626...646 (постройки 2016 г.) всего один раз в ТР-2. Аналогичная ситуация складывается и по другим моделям вагонов. При этом максимальное количество неисправностей, послуживших причиной отцепки вагона в текущий ремонт, как у инновационных, так и у типовых равно 11.

В табл. 1 приведены количественные показатели распределения неисправностей у вагонов выборочной совокупности.

Наиболее информативным показателем является *среднее количество неисправностей* на 1 вагон за период эксплуатации, где инновационные вагоны имеют несколько лучшие показатели (модель 12-2143 не учитывалась ввиду незначительного количества вагонов в выборочной совокупности). Например, у модели 12-9853 показатель составил 3,33 против 4,1 у модели 12-132. Опираясь на этот показатель, следует иметь в виду, что данные, полученные из информационных систем, не позволяют учитывать технологию эксплуатации вагонов (способ выгрузки и т.п.), выявить причины, которые приводят к отцепкам в текущий ремонт.

На рис. 1 приведено распределение неисправностей вагонов по видам текущего ремонта.

¹НПК «Объединенная вагонная компания» (ОВК) — российский производитель железнодорожных вагонов.

²АО «Первая грузовая компания» (ПГК) — крупнейший оператор на рынке грузовых железнодорожных перевозок.

Количественные показатели распределения неисправностей у вагонов выборочной совокупности

Модель полувагона	Кол-во неисправностей на 1 вагон, ед.		Доля вагонов в выборке, %	Среднее кол-во неисправностей на 1 вагон, ед.	Распределение по видам ремонта, кол-во неисправностей			Претензии к качеству изготовления вагона, % вагонов, имеющих код 914, к общему количеству вагонов данной модели
	min	max			ТР-1	ТР-2	ТР-3	
12-196-02	1	11	37	3,82	35	69	3	8,1
12-9853	1	11	48	3,33	41	102	20	39,6
12-2143	1	11	5	5,0	11	14	0	0,0
12-132	1	11	45	4,1	64	116	4	19,0
12-1293	1	8	10	4,5	10	35	0	50,0

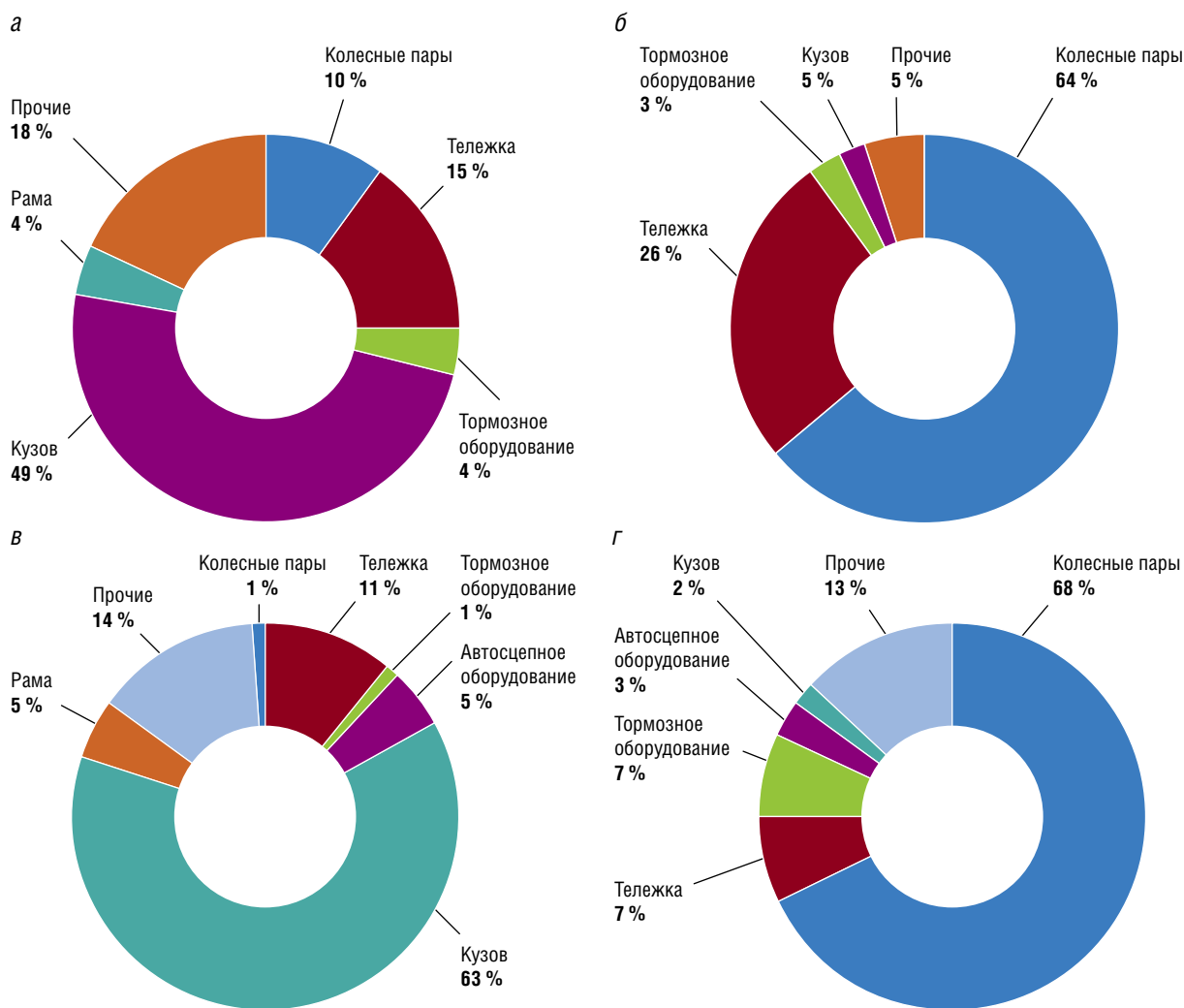


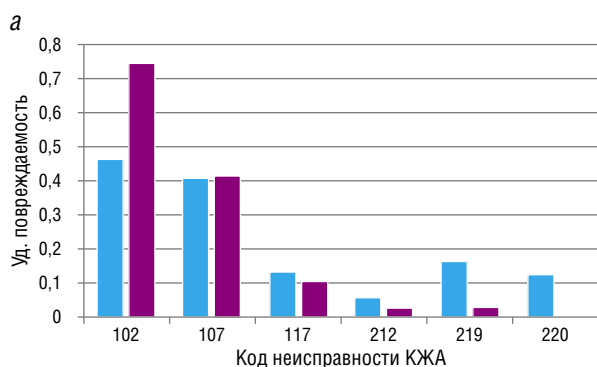
Рис. 1. Распределение неисправностей у вагонов, отцепленных в ремонт:
 а — у типовых вагонов, отцепленных в ТР-1; б — у типовых вагонов, отцепленных в ТР-2;
 в — у инновационных вагонов, отцепленных в ТР-1; г — у инновационных вагонов, отцепленных в ТР-2

В целом структура и характер неисправностей вагонов, поступающих в текущий ремонт, соответствуют общей картине отцепок вагонов на железных дорогах РФ [7]. Основная доля отцепок инновационных вагонов в текущий отцепочный ремонт ТР-2 связана с неисправностями колесных пар (68 %), тележек (7 %). У типовых вагонов — 64 % и 26 % соответственно. В ТР-1 в основном поступают вагоны по неисправностям кузова (63 % — инновационные, 49 % — типовые) и тележек (11 % — инновационные, 15 % — типовые). Высокий процент прочих неисправностей обусловлен большим количеством претензий к качеству изготовления или планового ремонта (по кодам КЖА 912, 914).

Одним из основных конструктивных признаков инновационности вагонов является оборудование ходовых частей буксовыми кассетными узлами. Как показал анализ, удельная повреждаемость буксовых узлов у инновационных вагонов в 12 раз меньше, чем у типовых (0,01 и 0,12 соответственно). Основной причиной неисправности у типовых вагонов является грение буксы, выявленное как по внешним признакам (как правило, при ТР-1), так и по показаниям автоматизированного контроля с отцепкой от состава поезда (ТР-2). В общей сложности доля отцепок типовых вагонов в ТР по неисправности буксового узла для данной выборочной совокупности не превышает 0,3 %. В целом на сети железных дорог РФ доля отцепок вагонов в ТР по неисправности буксового узла не превышает 5 %, что свидетельствует о достаточной надежности типового буксового узла [6]. Однако, учитывая среднегодовой пробег инновационного вагона, оборудованного кассетными подшипниками, более 120 тыс. км, а типового вагона — 72 тыс. км [4], очевидно преимущество инновационных вагонов, нацеленное на увеличение гарантийных участков безопасного проследования вагонов.

Наиболее массовые отцепки инновационных вагонов в ТР-2 вызваны неисправностями (в скобках — значение удельной повреждаемости типовых вагонов) (рис. 2):

- тонкий гребень (код КЖА 102) — 0,74 (0,46);
- выщербина обода колеса (код КЖА 107) — 0,41 (0,4);



- неравномерный прокат по кругу катания (код КЖА 117) — 0,1 (0,12).

У вагонов, отцепленных в ТР-1, наибольшие значения удельной повреждаемости соответствуют неисправностям кузова (в скобках — значение удельной повреждаемости типовых вагонов):

- обрыв сварного шва стойки (код КЖА 503) — 0,09 (0,01);
- неисправность запора люка (код КЖА 540) — 0,32 (0,28);
- отгиб опорной площадки упора крышки люка (код КЖА 565) — 0,11 (0,03).

Значительная доля отцепок полувагонов в ТР-1, как правило, возникает в результате повреждений [2]. В общей сложности у инновационных вагонов, по результатам анализа, повреждаемость на 42 % выше типовых вагонов. Этот результат подтверждается исследованиями С. Калетина [4], где показано, что повреждаемость инновационного полувагона модели 12-196-01 более чем на 30 % выше, чем у типовой модели 12-132. Характер неисправностей (обрыв сварных швов, повреждение запоров люков и др.) свидетельствует о нарушении требований по обеспечению сохранности подвижного состава на путях необщего пользования [8].

Обобщая все вышесказанное, можно сделать вывод, что структура неисправностей и характер их возникновения у инновационных и типовых вагонов во многом совпадают. Обе группы вагонов имеют близкие средние значения количества неисправностей в год на 1 полувагон (табл. 2). Большее количество отцепок инновационных вагонов в текущий ремонт по отдельным неисправностям объясняется более интенсивной их эксплуатацией.

Однако, оценивая техническое состояние инновационных вагонов по удельным показателям повреждаемости, не представляется возможным сделать однозначные выводы. Это объясняется несовершенством действующей системы учета эксплуатационной работы вагонов. Существующая упрощенная система учета по пробегу и сроку эксплуатации не позволяет выявить

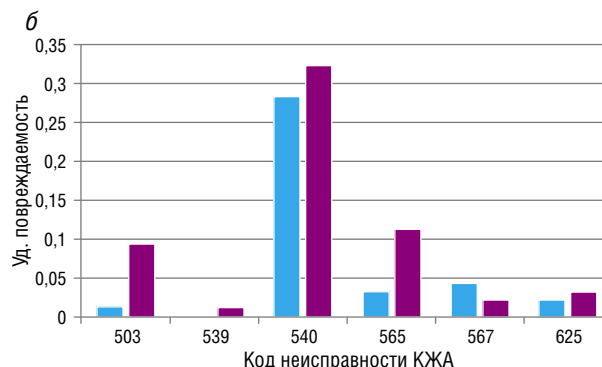


Рис. 2. Удельная повреждаемость полувагонов по кодам неисправностей:

а — у вагонов, отцепленных в ТР-2; б — у вагонов, отцепленных в ТР-1; ■ — серый; ■ — инновационные

Характеристика эксплуатационной работы полувагонов выборочной совокупности

Вид полувагонов	Срок эксплуатации, лет (среднее значение)	Пробег за 1 год, тыс. км (среднее значение) [4]	Количество неисправностей в год на 1 полувагон (среднее значение)
Инновационные	2,7	120	1,05
Типовые	3,9	72	1,12

причинно-следственную связь возникновения неисправностей. Нельзя утверждать, что одна модель вагона лучше другой, не зная технологии эксплуатации на путях общего пользования (ропуск на сортировочных горках, работа на маршрутах и др.) и технологии погрузки-выгрузки на путях необщего пользования (разгрузка грейфером, на вагоноопрокидывателях, с применением

вибромашин и тепляков и др.). Знание транспортной технологии позволит более корректно сравнивать типовые и инновационные вагоны, а также различные модели инновационных вагонов.

Авторы выражают благодарность студентам группы ПСгв-419 механического факультета УрГУПС Д. Б. Яковлевой и Л. А. Захаровой за помощь в сборе материала. **ИТ**

Список литературы

1. Инновационные вагоны рынку не нужны? // РЖД-Партнер : электронное издание. 27.07.2022. URL: <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/comments/innovatsionnye-vagony-rynku-ne-nuzhny> (дата обращения 01.09.2022).
2. СТО РЖД 10.002–2015. Вагоны грузовые инновационные. Правила оценки экономической эффективности : утв. распоряжением от 26.04.2016 № 768р. М., 2016. URL: http://www.rzd-expo.ru/innovation/stock/freight_rolling_stock.
3. Ремонт инновационных вагонов без запасных частей // Центр экспертизы и производства ООО «Инженерный центр вагоностроения — Сервис». URL: <https://wagon-cargo.ru/news/remont-innovatsionnykh-vagonov-bez-zapasnykh-chastey/> (дата обращения 04.09.2022).
4. Калетин С. В. PRO инновационный вагон // PRO//Движение.Экспо. URL: <http://railwayexpo.ru/ru/component/content/article?id=179:materialy-konferentsii&Itemid=141> (дата обращения 12.10.2021).
5. Лосев Д. Н. Эксплуатация вагонов нового поколения и затраты на их содержание. // PRO//Движение.Экспо. URL: <http://railwayexpo.ru/ru/component/content/article?id=179:materialy-konferentsii&Itemid=141> (дата обращения 12.10.2021).
6. Гончаров С. Инновационные вагоны — мнение оператора. URL: <http://railwayexpo.ru/ru/component/content/article?id=179:materialy-konferentsii&Itemid=141> (дата обращения 12.10.2021).
7. Казаков А. А. Анализ отцепок грузовых вагонов на сети железных дорог по итогам работы вагонного хозяйства за 2020 год. URL: <https://opzt.ru/wp-content/uploads/2021/03/Vopros-5-Kazakov-A.A.-Analiz-ottsepok-gruzovyh-vagonov-za-2020-g.pdf> (дата обращения 02.03.2022).
8. Свердлов В. Б., Лапшин В. Ф. Обеспечение сохранности вагонного парка на путях необщего пользования // Транспорт Урала. 2021. № 4 (71). С. 33–39. ISSN 1815–9400.

References

1. Does the market not need innovative wagons? // RZD-Partner : electronic edition. 27.07.2022. URL: <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/comments/innovatsionnye-vagony-rynku-ne-nuzhny> (accessed: 01.09.2022).
2. STO RZD 10.002–2015. Innovative freight cars. Rules for assessing economic efficiency : approved by Order No. 768r. M. dated 04/26/2016, 2016. URL: http://www.rzd-expo.ru/innovation/stock/freight_rolling_stock.
3. Repair of innovative wagons without spare parts // Center of expertise and production LLC «Engineering center of wagon building — Service». URL: <https://wagon-cargo.ru/news/remont-innovatsionnykh-vagonov-bez-zapasnykh-chastey/> (accessed: 04.09.2022).
4. Kaletin S. V. PRO innovative wagon // PRO//Movement. Expo. URL: <http://railwayexpo.ru/ru/component/content/article?id=179:materialy-konferentsii&Itemid=141> (accessed: 12.10.2021).
5. Losev D. N. Operation of new generation railcars and the costs of their maintenance. // PRO//Movement. Expo. URL: <http://railwayexpo.ru/ru/component/content/article?id=179:materialy-konferentsii&Itemid=141> (accessed: 12.10.2021).
6. Goncharov S. Innovative wagons — operator's opinion. URL: <http://railwayexpo.ru/ru/component/content/article?id=179:materialy-konferentsii&Itemid=141> (accessed: 12.10.2021).
7. Kazakov A. A. Analysis of uncoupling of freight cars on the railway network based on the results of the work of the wagon economy for 2020. URL: <https://opzt.ru/wp-content/uploads/2021/03/Vopros-5-Kazakov-A.A.-Analiz-ottsepok-gruzovyh-vagonov-za-2020-g.pdf> (accessed: 02.03.2022).
8. Sverdlov V. B., Lapshin V. F. Ensuring the safety of the carriage fleet on the non-public tracks // Transport of the Urals. 2021. No. 4 (71). P. 33–39. ISSN 1815–9400.



Татьяна Анатольевна
Антропова

Tatiana A. Antropova

Анализ рассеяния химического состава литых боковых рам тележек

Analysis of dispersion of chemical composition of bogie cast side frames

Аннотация

В статье проведена статистическая обработка рассеяния химического состава литых боковых рам тележки на примере марганца и серы. Анализ рассеяния химических характеристик позволяет повысить прочностные свойства литых деталей тележек грузовых вагонов. По результатам анализа выявлено, что рассматриваемые параметры являются случайной величиной, а применение статистических методов, учитывающих данный факт, направлено на повышение прочности и оптимизацию состава конструкционных материалов.

Ключевые слова: рассеяние, химический состав, марганец, сера, механические характеристики, случайная величина, прочностные свойства.

Abstract

The statistical processing of dispersion of the chemical composition of bogie cast side frames on the example of manganese and sulfur is given in the article. The analysis of dispersion of chemical characteristics allows to increase the strength properties of cast parts of freight car bogies. According to the results of the analysis, it was revealed that the parameters under consideration are a random variable, and the use of statistical methods that take this fact into account is aimed at increasing the strength and optimizing the composition of structural materials.

Keywords: dispersion, chemical composition, manganese, sulfur, mechanical characteristics, random variable, strength properties.

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

Ходовые части грузовых вагонов (в частности, несущие детали рам тележек) являются наиболее ответственными узлами, надежность которых напрямую влияет на эффективность использования вагонного парка и безопасность движения. В то же время прочность, безотказность и долговечность большинства боковых рам, надрессорных и соединительных балок прежних лет постройки нельзя считать достаточными, так как на протяжении жизненного цикла литых деталей тележек в наиболее напряженных сечениях возникают усталостные повреждения в виде трещин, что подтверждается обширным опытом их эксплуатации.

Одним из путей повышения прочностных свойств литых деталей тележек грузовых вагонов является повышение точности расчетных характеристик с учетом рассеяния их химического состава, что необходимо при проектировании и доводке конструкций. Это возможно при полномасштабном внедрении в практику расчетов перспективных статистических методов оценки характеристик и свойств конструкционных материалов, методик проведения механических испытаний и определения несущей способности элементов конструкций [1].

Второй путь повышения прочности (с одновременным снижением материалоемкости) деталей подвижного состава — применение статистических методов, учитывающих вариацию характеристик механических и химических свойств детали при оптимизации технологии производства и анализе состава конструкционных материалов.

В данном исследовании приведена методика статистической обработки, применяемая для анализа результатов прямых механических испытаний. Учитывается вероятностный характер геометрических и механических свойств боковых рам, изготовленных АО «НПК Уралвагонзавод» из стали 20ГЛ, по результатам усталостных испытаний. Химический состав исследуемой стали приведен в табл. 1.

Сталь — сплав железа с углеродом и сопутствующими примесями в виде марганца, кремния, серы, фосфора и др. Необходимо учитывать влияние каждого компонента (табл. 2).

В качестве примера проведем статистическую обработку рассеяния химических характеристик таких элементов, как марганец и сера. Исходные данные (результаты испытаний) приведены в табл. 3. Принимаем уровень значимости $\alpha = 0,05$ [3].

Статистическую обработку материала начинаем с представления вариационного ряда, затем выборку делим на 10 равных интервалов, определяем выборочное среднее значение характеристики химических свойств и выборочную дисперсию [3].

Так как критерий согласия Пирсона (χ^2) подходит для любых видов функций при большом объеме выборки, что соответствует данному исследованию, с его помощью проведем проверку подтверждения или опровержения гипотезы распределения заданной функции.

Определяем величину статистики критерия Пирсона χ^2 с учетом вероятности попадания p_j исследуемой величины в j -й интервал [3].

Таблица 1

Химический состав стали 20ГЛ для изготовления боковых рам тележек грузовых вагонов, % [2]

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Al	V	Cu	Ti
			не более						не более	
0,17 _{-0,02}	1,1 ^{+0,1} _{-0,1}	0,3±0,1	0,04 ^{+0,005}	0,03 ^{+0,005}	–	–	0,02 ^{+0,005}	–	–	–

Таблица 2

Влияние примесей на структуру и свойства стали

Элемент, %	Влияние на структуру и свойства
Марганец	Устраняет вредное действие серы, повышает прочностные свойства
Кремний	Повышает твердость и прочность стали
Фосфор	Вызывает повышенную хрупкость, улучшает обрабатываемость резанием
Сера	Ухудшает механические свойства, коррозионную стойкость и свариваемость стали, улучшает обрабатываемость резанием

Химический состав исследуемого металла

№	№ плавки	Mn	S	№	№ плавки	Mn	S	№	№ плавки	Mn	S
1	14138-7	1,20	0,023	35	34340-7	0,99	0,038	69	14166-7	1,16	0,030
2	14138-8	1,15	0,019	36	34340-8	0,97	0,036	70	14166-8	1,05	0,030
3	14139-7	0,85	0,028	37	14153-8	1,05	0,024	71	34154-7	0,90	0,025
4	14139-8	0,81	0,026	38	34341-8	0,86	0,025	72	34154-8	0,85	0,025
5	34325-8	0,93	0,022	39	14154-7	0,93	0,024	73	34355-8	0,86	0,028
6	14140-8	0,82	0,021	40	34342-7	1,15	0,037	74	14168-8	0,91	0,020
7	34328-7	1,00	0,022	41	34342-8	1,22	0,037	75	34356-8	0,94	0,032
8	34328-8	0,96	0,020	42	14156-8	0,83	0,027	76	14169-7	1,00	0,031
9	34329-7	1,08	0,030	43	34343-7	0,95	0,035	77	14169-8	0,96	0,030
10	34329-8	1,07	0,030	44	34343-8	0,92	0,037	78	34357-7	1,05	0,039
11	14142-8	0,71	0,027	45	34344-7	1,00	0,027	79	34357-8	0,96	0,041
12	34330-7	1,05	0,023	46	34344-8	1,00	0,025	80	34358-8	0,92	0,034
13	34330-8	1,05	0,024	47	14157-7	0,80	0,034	81	14172-8	0,98	0,032
14	34331-7	0,90	0,025	48	14157-8	0,86	0,032	82	34359-8	0,98	0,038
15	34331-8	1,03	0,023	49	34345-7	0,72	0,040	83	14173-7	0,94	0,028
16	14144-8	0,86	0,019	50	34345-8	0,72	0,040	84	14173-8	0,92	0,028
17	34332-8	0,86	0,026	51	14158-8	0,85	0,031	85	34360-8	1,01	0,028
18	34333-7	0,86	0,027	52	14159-7	0,96	0,028	86	34361-7	0,76	0,043
19	34333-8	0,84	0,027	53	14160-7	1,08	0,022	87	34361-8	0,78	0,042
20	14146-7	0,82	0,021	54	14160-8	1,18	0,024	88	14175-8	0,91	0,033
21	34334-7	0,96	0,021	55	34346-8	0,85	0,034	89	34362-7	1,14	0,024
22	34334-8	1,00	0,023	56	34348-8	0,68	0,033	90	34362-8	1,02	0,025
23	14148-7	0,81	0,032	57	14161-7	1,00	0,025	91	14176-8	1,00	0,025
24	34336-7	0,90	0,032	58	14161-8	1,05	0,027	92	14177-7	1,07	0,036
25	34336-8	0,98	0,032	59	14162-7	1,05	0,028	93	14178-7	1,05	0,025
26	14149-8	0,97	0,026	60	14162-8	0,79	0,026	94	14179-8	0,92	0,031
27	34337-7	0,84	0,036	61	34349-7	0,98	0,030	95	14180-8	0,92	0,029
28	34337-8	0,83	0,038	62	34350-8	0,98	0,038	96	34363-7	1,05	0,032
29	14150-7	1,00	0,030	63	14163-7	0,85	0,035	97	34363-8	1,08	0,032
30	34338-8	0,95	0,025	64	14163-8	0,90	0,033	98	34364-8	0,90	0,028
31	14151-7	0,98	0,028	65	14164-7	0,98	0,028	99	34366-7	0,97	0,024
32	14151-8	1,01	0,030	66	14164-8	0,94	0,029	100	34366-8	0,97	0,026
33	14152-7	1,01	0,034	67	34352-8	0,94	0,030				
34	14152-8	0,99	0,035	68	34353-7	0,97	0,035				

Проверяем гипотезу выборочного распределения нормальному закону распределения — вычисленная величина должна быть не больше критического значения χ^2_{α} , найденного по таблице приложения 1 [3], с учетом уровня значимости α .

Все результаты вычислений приведены в табл. 4 и 5 (для марганца и серы соответственно).

Значение статистики для марганца $\chi^2 = 7,3279$, для серы $\chi^2 = 10,195$.

Таблица 4

Проверка гипотезы о нормальности распределения марганца с помощью критерия согласия Пирсона (χ^2)

J	Границы интервалов	Число наблюдений n_j	Координаты границ интервалов z_j	Значение функции Лапласа на границах интервала $\Phi(z_j)$	Оценка вероятности попадания в интервал p	$\frac{(n_j - n \cdot p)^2}{n \cdot p_j}$
1	0,680; 0,734	3	$-\infty; -2,0667$	0,0000; 0,0194	0,0194	0,5820
2	0,734; 0,788	3	$-2,0667; -1,5488$	0,0194; 0,0607	0,0413	0,3111
3	0,788; 0,842	10	$-1,5488; -1,0308$	0,0607; 0,1513	0,0906	0,0975
4	0,842; 0,896	11	$-1,0308; -0,5128$	0,1513; 0,3040	0,1527	1,1951
5	0,896; 0,950	20	$-0,5128; 0,0052$	0,3040; 0,5021	0,1980	0,0020
6	0,950; 1,004	27	0,0052; 0,5232	0,5021; 0,6996	0,1975	2,6613
7	1,004; 1,058	14	0,5232; 1,0411	0,6996; 0,8511	0,1515	0,0877
8	1,058; 1,112	5	1,0411; 1,5591	0,8511; 0,9405	0,0894	1,7379
9	1,112; 1,166	4	1,5591; 2,0771	0,9405; 0,9811	0,0406	0,0009
10	1,166; 1,22	3	2,0771; $+\infty$	0,9811; 1,0000	0,0189	0,6524
Σ	—	100	—	—	—	7,3279

Таблица 5

Проверка гипотезы о нормальности распределения серы с помощью критерия согласия Пирсона (χ^2)

J	Границы интервалов	Число наблюдений n_j	Координаты границ интервалов z_j	Значение функции Лапласа на границах интервала $\Phi(z_j)$	Оценка вероятности попадания в интервал p	$\frac{(n_j - n \cdot p)^2}{n \cdot p_j}$
1	0,0190; 0,0214	7	$-\infty; -1,4190$	0,0000; 0,0779	0,0779	0,0810
2	0,0214; 0,0238	7	$-1,4190; -0,9851$	0,0779; 0,1623	0,0843	0,2441
3	0,0238; 0,0262	21	$-0,9851; -0,5511$	0,1623; 0,2908	0,1285	5,1721
4	0,0262; 0,0286	16	$-0,5511; -0,1172$	0,2908; 0,4534	0,1626	0,0041
5	0,0286; 0,0310	14	$-0,1172; 0,3168$	0,4534; 0,6243	0,1709	0,5598
6	0,0310; 0,0334	11	0,3168; 0,7507	0,6243; 0,7736	0,1493	1,0344
7	0,0334; 0,0358	8	0,7507; 1,1847	0,7736; 0,8819	0,1083	0,7411
8	0,0358; 0,0382	10	1,1847; 1,6187	0,8819; 0,9472	0,0653	1,8429
9	0,0382; 0,0406	3	1,6187; 2,0526	0,9472; 0,9799	0,0327	0,0224
10	0,0406; 0,043	3	2,0526; $+\infty$	0,9799; 1,0000	0,0201	0,4931
Σ	—	100	—	—	—	10,1950

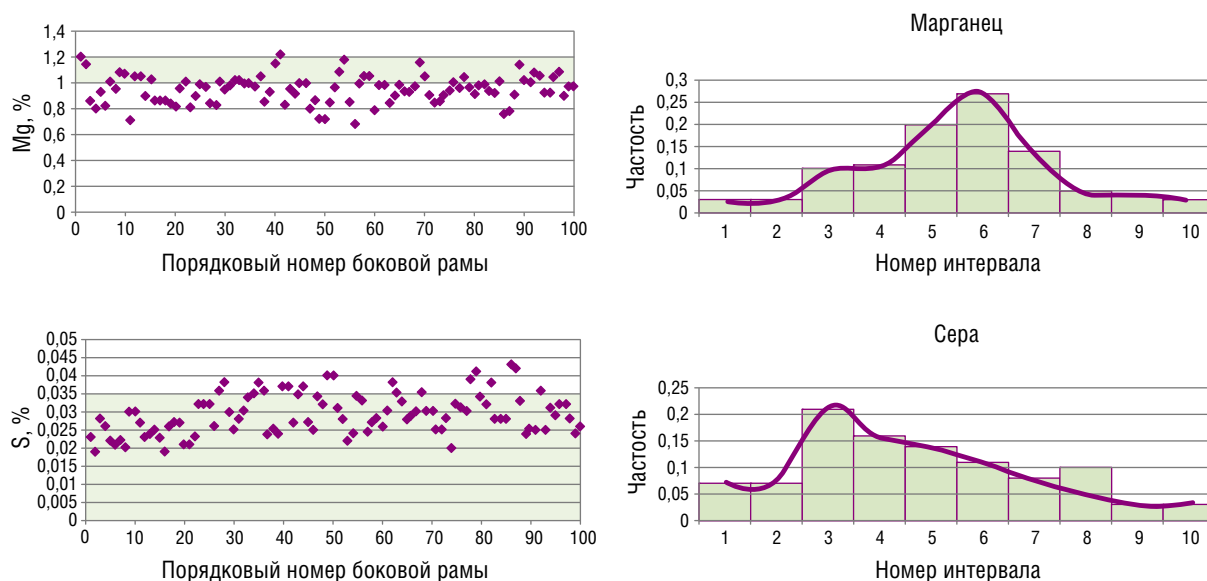


Рис. 1. Рассеяние химических свойств серы и марганца

Критическое значение критерия для марганца $\chi^2_{0,05} = 12,6$, для серы $\chi^2_{0,05} = 14,1$ [3, с. 209].

Условие выполняется, значит, распределение исследуемых данных не противоречит нормальному закону.

Графическая оценка рассеяния химических свойств серы и марганца в боковых рамах, изготовленных из стали 20ГЛ, представлена на рис. 1.

По результатам анализа рассеяния химического состава литых боковых рам выявлено, что рассматриваемые параметры являются случайной величиной, подчиняющейся нормальному закону распределения.

Примесь серы в стали 20ГЛ в 15 % случаев превышает допустимый уровень, следовательно, такой же процент деталей имеет худшие механические свойства и меньшую коррозионную стойкость.

Примесь марганца в стали 20ГЛ повышает ее прочностные свойства, однако у 66 % исследованных боковых рам это значение ниже допустимого, следовательно, большая часть деталей сильнее подвержена образованию усталостных трещин и изломов. 1 % исследуемых образцов имеет завышенное значение марганца в своем составе.

Характеристики механических свойств материалов являются случайными величинами из-за изменчивости большого ряда неучтенных факторов [4, 5]. Применение статистических методов, учитывающих рассеяние реальных параметров и вариацию характеристик механических свойств, направлено на повышение прочности и оптимизацию состава конструкционных материалов. **ИТ**

Список литературы

1. Тарлинский И. В. Повышение прочности и долговечности грузовых вагонов // Труды ЦНИИ. 1968. Вып. 351. 112 с.
2. ГОСТ 32400–2013. Рама боковая и балка надрессорная литые тележек железнодорожных грузовых вагонов. Технические условия. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200107264>.
3. Степнов М. Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний : справочник. М. : Машиностроение, 1985. 231 с.
4. Антропова Т. А. Анализ рассеяния геометрических размеров боковых рам тележек грузовых вагонов в опасных сечениях // Безопасность движения, совершенствование конструкций вагонов и ресурсосберегающие технологии в вагонном хозяйстве : сб. научных трудов. Екатеринбург : УрГУПС, 2008. С. 74–80.
5. Якушев А. В., Миронов В. И., Рuzметов Я. О. Прогнозирование усталостного ресурса литых деталей тележек грузовых вагонов : монография. Ташкент : Complex Print, 2021. 136 с.

References

1. Tarlinsky I. V. Improving the strength and durability of freight cars // Proceedings of the Central Research Institute. 1968. Issue 351. 112 p.
2. GOST 32400–2013. The side frame and the spring beam are cast bogies of railway freight cars. Technical conditions. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200107264>.
3. Stepnov M. N. Statistical methods of processing the results of mechanical tests : handbook. M. : Mechanical Engineering, 1985. 231 p.
4. Antropova T. A. Analysis of the scattering of geometric dimensions of the side frames of trucks of freight cars in dangerous sections // Traffic safety, improvement of wagon designs and resource-saving technologies in the wagon economy : collection of scientific papers. Yekaterinburg : USURT, 2008. P. 74–80.
5. Yakushev A. V., Mironov V. I., Ruzmetov Ya. O. Prediction of fatigue life of cast parts of trucks of freight cars : monograph. Tashkent : Complex Print, 2021. 136 p.



Денис Вячеславович
Цунин

Denis V. Tsunin



Дмитрий Леонидович
Худояров

Dmitry L. Khudoyarov

Моделирование процесса работы локомотивных устройств безопасности посредством навигационно-связного оборудования

Simulation of locomotive safety devices operation through navigation and communication equipment

Аннотация

В настоящее время для повышения уровня безопасности движения поездов наиболее актуальной является разработка локомотивных устройств безопасности посредством навигационно-связного оборудования. К таким системам относится система взаимодействия с локомотивом по технической радиосвязи, которая осуществляет обмен информацией с локомотивом в движении, используя данные самодиагностики. В статье рассматриваются функции и устройство систем безопасности, усовершенствованных путем установки датчика измерения температуры тягового электродвигателя ЭДП-810 электровоза 2ЭС6. Приводятся результаты исследования по измерению температуры электродвигателя, выбрано предположительное место установки датчика. Представлены решения для повышения качества мониторинга технического состояния локомотивов и дальнейшего улучшения процесса эксплуатации, обслуживания и ремонта.

Ключевые слова: локомотив, системы безопасности, навигационно-связное оборудование, датчик, диагностика, мониторинг.

Abstract

Currently, to improve the level of railway traffic safety, the most urgent thing is to develop locomotive safety devices through navigation and communication equipment. Such systems include the system of interaction with the locomotive via technical radio communication, which exchanges information with the locomotive in motion using self-diagnostic data. The article discusses the functions and arrangement of the safety systems improved by installing a temperature measurement sensor of the traction electric motor EDP-810 of the electric locomotive 2ES6. The results of the study on measuring the temperature of the electric motor are presented, the approximate location of the sensor installation is selected. Solutions for improving the quality of monitoring the technical condition of locomotives and further improving the operation, maintenance and repair process are presented.

Keywords: locomotive, safety systems, navigation and communication equipment, sensor, diagnostics, monitoring.

Авторы Authors

Денис Вячеславович Цунин, студент 5-го курса Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: tdv.ishim@gmail.com | Дмитрий Леонидович Худояров, канд. техн. наук, начальник центра мониторинга технического состояния локомотивов новых серий ООО «СТМ-Сервис», доцент кафедры «Электрическая тяга» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: khudojarovd@mail.ru

Denis V. Tsunin, 5th year student of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: tdv.ishim@gmail.com | Dmitry L. Khudoyarov, Candidate of Technical Sciences, Head of the Center for monitoring technical condition of locomotives of new series of "STM-Service", LLC, Associate Professor of "Electric Traction" Department of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: khudojarovd@mail.ru

В результате постоянного усовершенствования локомотивов и объектов инфраструктуры железной дороги железнодорожный транспорт стал одним из наиболее безопасных видов транспорта. Чтобы минимизировать риски и обезопасить перевозочный процесс, разработаны правила эксплуатации, правила управления тяговым подвижным составом (ТПС), а также системы безопасности, которые позволяют предупреждать и предотвращать аварийные ситуации, оказывая помощь машинисту в управлении.

Для повышения уровня безопасности движения поездов разрабатываются локомотивные устройства безопасности с применением навигационно-связного оборудования. К таким системам относится система взаимодействия с локомотивом по технической радиосвязи (СВЛ ТР), которая осуществляет обмен информацией с локомотивом в движении, используя данные самодиагностики. СВЛ ТР функционирует с микропроцессорной системой управления и диагностики (МПСУИД), управляющей основными системами локомотива на основе диагностических сообщений датчиков. Чтобы значительно снизить риск возникновения чрезвычайных ситуаций из-за выхода из строя агрегатов локомотива во время движения, необходимо модернизировать системы МПСУИД и СВЛ ТР.

Система взаимодействия с локомотивом по технической радиосвязи создавалась как составная часть безопасного локомотивного объединенного комплекса (БЛОК), сочетающего в себе функции комплексного локомотивного устройства безопасности унифицированного (КЛУБ-У) и системы автоматического управления торможением (САУТ-ЦМ/485), которыми оснащаются электровозы серий 2ЭС6.

СВЛ ТР предназначена для реализации двустороннего технологического (информационного) взаимодействия по защищенному каналу передачи данных между бортовыми локомотивными и отраслевыми

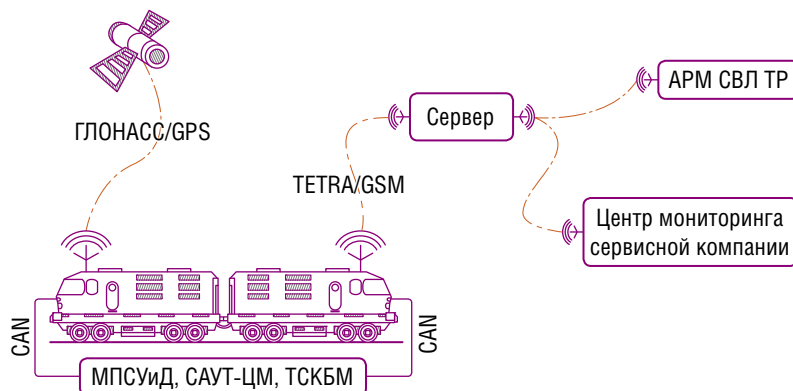


Рис. 1. Структурная схема функционирования СВЛ ТР

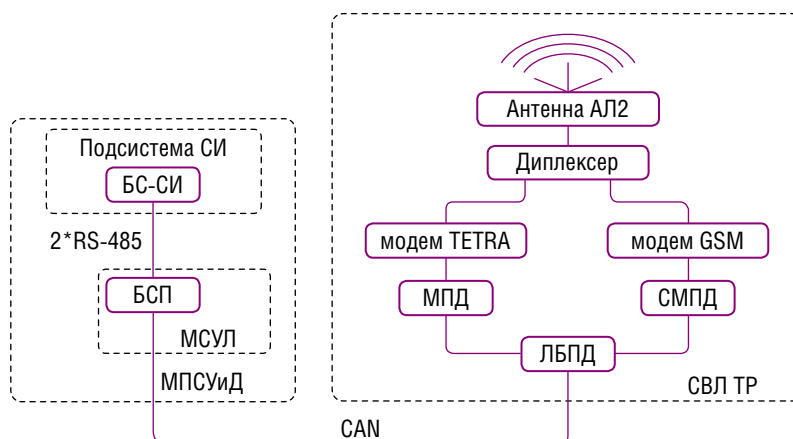


Рис. 2. Схема взаимодействия СВЛ ТР и МПСУИД

ми информационными системами. Она позволяет осуществлять передачу на локомотив технологической информации для бортовых систем управления и обеспечения безопасности движения, а также информации о временных предупреждениях об ограничении скорости движения по перегонам и станциям (рис. 1).

Функционирование СВЛ ТР с другими системами безопасности дает возможность отображения географического местоположения локомотива в реальном времени, дистанционного просмотра основных параметров электровоза в данный момент, таких как текущая техническая скорость электровоза, параметры пути, информация о локомотивной бригаде. Также данная система передает информацию о результатах технического состояния локомотива, получаемую от микропроцессорной системы управления и диагностики (рис. 2).

Для передачи данных через СВЛ ТР на электровозе 2ЭС6 используется антенна АЛ2/460/900/Н, которая принимает сигналы в диапазонах 460 МГц формата Terrestrial Trunked Radio (TETRA), 900 МГц формата Global System for Mobile Communications (GSM) и сигнал спутниковой навигационной системы Global Positioning System (GPS). Диплексер СВЛ ТР обеспечивает совместную работу ячеек модуля передачи данных (МПД) и согласующего модуля передачи данных (СМПД) в качестве разделителя и сумматора радиосигналов различной частоты — 450–470 МГц и 850–900 МГц (различных стандартов радиосвязи). МПД осуществляет передачу данных в формате GSM, СМПД передает данные в формате TETRA. Локомотивный блок передачи данных (ЛБПД) обеспечивает прием и передачу данных от бортовой аппара-

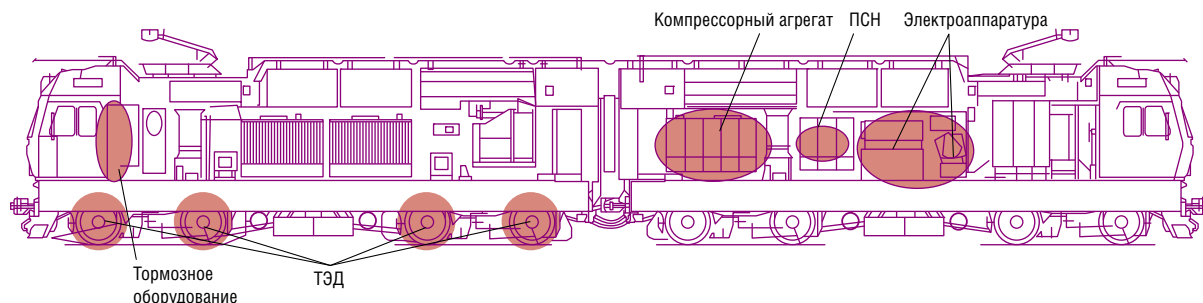


Рис. 3. Расположение датчиков самодиагностики

туры локомотива по линии связи в формате Controller Area Network (CAN). По внутренней CAN-линии система взаимодействия с локомотивом по технической радиосвязи соединяется с МПСУиД [1].

Под контролем микропроцессорной системы управления и диагностики на электровозах 2ЭС6 находятся тяговые двигатели, тормозное оборудование, компрессорные агрегаты, преобразователи собственных нужд и силовая электроаппаратура (рис. 3). МПСУиД на электровозе 2ЭС6 контролирует и формирует 304 параметра: 41 аналоговый, 263 дискретных.

Результаты измерений датчиков преобразовываются в дискретные значения в блоке связи со средствами измерений (БС–СИ). Далее данные передаются по двухканальной линии связи интерфейса Recommended Standard 485 (RS-485) и поступают в блок связи с пультом управления электровозом (БСП), входящий в состав микропроцессорной системы управления локомотивом (МСУЛ). Эти данные используются для управления тяговым подвижным составом, функционирования систем безопасности, входящих в БЛОК, и передачи в центры мониторинга технического состояния локомотивов с помощью СВЛ ТР [2].

подавляющее большинство датчиков, считывающих показания, направлены на измерение токовых характеристик и напряжений тяговых электродвигателей и аппаратуры локомотива и входят в подсистему аналоговых измерений (подсистема СИ). Измерение токовых показателей и напряжения ТЭД необходимо для правильного режима работы. Но даже при правильном режиме работы существует вероятность износа составляющих ТЭД, которые имеют свои уникальные особенности из-за материала и формы. Для контроля нагрева двигателя используют тепловые характеристики, определенные опытным путем. Главным недостатком данного метода является то, что нагрев элементов двигателя определяется только в ходе расчета, так как в подсистеме СИ электровоза серии 2ЭС6 не предусмотрен датчик, измеряющий температуру тягового электродвигателя [3].

Для повышения уровня контроля технического состояния электровоза 2ЭС6 требуется произвести доработку систем СВЛ ТР и МПСУиД путем добавления датчика температуры на тяговый электродвигатель для полу-

чения показаний температуры в режиме реального времени. Требуемый датчик измерения температуры ТЭД целесообразно установить в точку, максимально нагруженную по температуре.

Для определения точки нагрева было проведено исследование, в котором наименее надежные элементы электродвигателя измерялись с помощью тепловизора Fluke TiX560. В результате получена тепловизиограмма тягового электродвигателя ЭДП-810 электровоза 2ЭС6 (рис. 4).

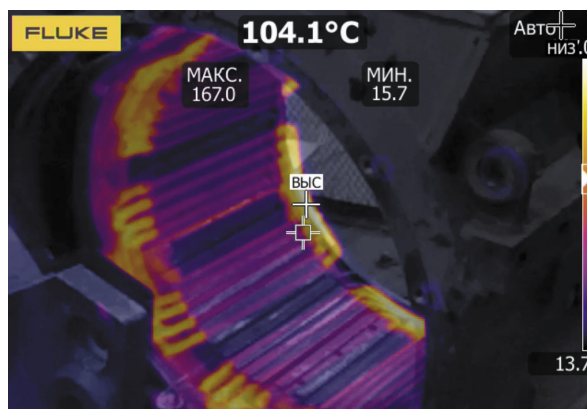


Рис. 4. Тепловизиограмма двигателя ЭДП-810

В ходе исследования определены максимально нагретые участки остова ТЭД, выходящие из строя чаще, чем другие элементы электродвигателя. Таким образом можно выбрать предположительное место для установки датчика температуры в местах вывода компенсационной обмотки, так как эта часть остова двигателя является наиболее подверженной нагреву.

Для усовершенствования процесса функционирования СВЛ ТР необходимо внести изменения в программный код элементов. Это позволит передавать новые дискретные коды данных от новых датчиков, считывающих техническое состояние локомотива. Информация, передаваемая по каналам связи GSM и TETRA, беспроводным путем направляется на основной сервер сбора и обработки информации. Основной сервер накапливает и архивирует полученную информацию по текущей поездке и добавляет ее к существующей объединенной базе

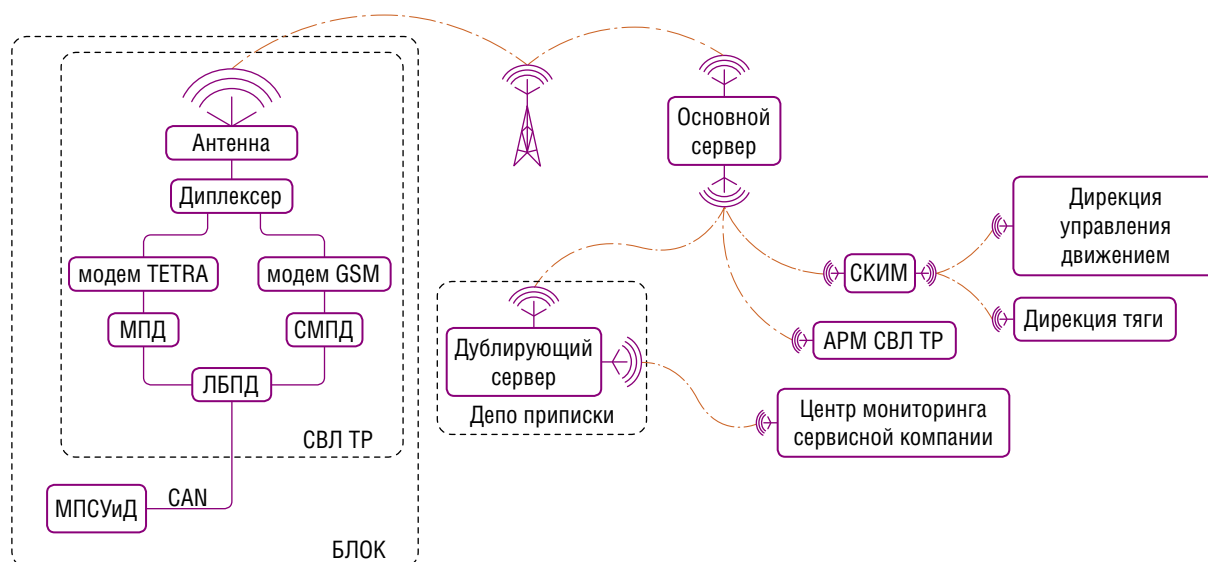


Рис. 5. Модель алгоритма передачи данных через СВЛ ТР

прошлых следований локомотива. Эти данные дублируются на дополнительный сервер, расположенный в депо приписки локомотива, для хранения информации о совершенных ранее поездках и выявленных неисправностях, которые будут устраняться в процессе ремонта или обслуживания. Вся информация, находящаяся на основном сервере, направляется в систему контроля и мониторинга деятельности ОАО «РЖД» (СКИМ) для использования дирекциями железных дорог (рис. 5).

В результате усовершенствования работы локомотивных устройств безопасности на примере установки датчика температуры тягового электродвигателя ЭДП-810 электровоза серии 2ЭС6 предполагается снижение вероятности выхода из строя агрегатов подвижного состава вследствие повышения качества мониторинга технического состояния локомотивов и дальнейшего улучшения процесса эксплуатации, обслуживания и ремонта. После аналогичной доработки датчиков МПСУиД расширится база кодирования диагностических сообщений, что позволит локомотиву передавать информацию для определения причины неисправности или возможном ее возникновении. Эти данные будут полезны дирекции управления движением для выявления неисправных локомотивов и планирования вывода из эксплуатации локо-

мотивов, имеющих дефекты, а также сервисным предприятиям для планирования и осуществления ремонта, заказа необходимых компонентов и заблаговременной подготовки к предстоящему виду ремонта. Соответственно, будет сделан шаг к предиктивной диагностике, при которой неисправный электровоз будет заранее изыматься из эксплуатации для устранения неисправности. Благодаря заблаговременному заказу деталей и информированию работников о виде неисправности, уменьшится время простоя локомотива в ремонте, увеличится точность расчета плана покрытия чистой потребности компонентов для выполнения необходимого вида ремонта.

Усовершенствование системы взаимодействия с локомотивом приведет к ряду положительных изменений, связанных с обработкой данных. Кэширование и архивирование информации на серверах позволит хранить огромные запасы данных о текущих и завершенных поездках. Благодаря систематизации данных можно проводить анализ и определять причины поломки агрегата. Процесс диагностирования по различным видам неисправностей станет более эффективным, что в совокупности с анализом поломки может стать основой для проведения повторных испытаний или модернизации вышедшей из строя модели оборудования. **ИТ**

Список литературы

1. Брексон В. В., Никифорова Н. Б., Струннов А. А. Электровоз 2ЭС6 «Синара». Верхняя Пышма : ООО «Уральские локомотивы», 2015. 326 с. ISBN 978-5-89277-120-7.
2. Электровоз грузовой постоянного тока 2ЭС6 с коллекторными тяговыми электродвигателями. Руководство по эксплуатации. 2ЭС6.00.000.000 РЭ. 2008. 166 с. URL: <http://www.rcit.su/techinfoU3.html>
3. Правила тяговых расчетов для поездной работы. М. : ОАО «Российские железные дороги», 2014. 516 с. ISBN 978-5-89035-741-0.

References

1. Brekson V. V., Nikiforova N. B., Strunnov A. A. Electric locomotive 2ES 6 «Sinara». Upper Pyshma: Ural Locomotives LLC, 2015. 326 p. ISBN 978-5-89277-120-7.
2. Electric freight locomotive DC 2ES 6 with collector traction motors. Operation manual. 2ES 6.00.000.000 RE. 2008. 166 p. URL: <http://www.rcit.su/techinfoU3.html>
3. Rules of traction calculations for train work. Moscow : JSC «Russian Railways», 2014. 516 p. ISBN 978-5-89035-741-0.



Владимир Сергеевич
Красильников

Vladimir S. Krasilnikov

Применение закладных брусьев для размещения несущих платформ устройств контроля схода подвижного состава

Application of embedded beams for placement of load-bearing platforms of rolling stock derailment control devices

Аннотация

При разработке устройств контроля схода подвижного состава большое внимание уделяется выбору несущих платформ для размещения датчиков контроля. Существующие устройства имеют слабую защищенность контрольной электрической цепи от динамических воздействий, вызываемых колебаниями рельсошпальной решетки при прохождении подвижного состава, которые передаются через рельсошпальную решетку на несущую платформу и далее на датчики контроля, что приводит к ложному срабатыванию устройств. Статья посвящена поиску технических решений по размещению платформ, направленных на устранение влияния колебаний рельсов на работоспособность датчиков контроля. Целью исследования является разработка рекомендаций для создания эффективной конструкции платформы. Показано, что перспективным техническим решением является крепление несущей платформы к закладным брусьям.

Ключевые слова: устройство контроля схода подвижного состава (УКСПС), подвижной состав, несущая платформа, закладные брусья.

Abstract

When developing rolling stock derailment monitoring devices, much attention is paid to the choice of load-bearing platforms for placement of monitoring sensors. Existing devices have weak protection of the control electrical circuit from dynamic influences caused by vibrations of the rail-sleeper grid during the passage of the rolling stock, which are transmitted through the rail-sleeper grid to the carrier platform and further to the control sensors, which leads to the false triggering of the devices. The article is devoted to the search for technical solutions for placement of platforms aimed at eliminating the influence of rail vibrations on performance of monitoring sensors. The purpose of the study is to develop recommendations for creating the effective platform design. It is shown that a promising technical solution is the fastening of the carrier platform to the embedded beams.

Keywords: rolling stock derailment control device (RSDCD), rolling stock, load-bearing platform, embedded bars.

Авторы Authors

Владимир Сергеевич Красильников, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Общеобразовательные и профессиональные дисциплины» филиала Самарского государственного университета путей сообщения в г. Нижнем Новгороде, Нижний Новгород; e-mail: vskrasilnikov@ya.ru

Vladimir S. Krasilnikov, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of "General Education and Professional Disciplines" Department of the branch of Samara State Transport University in Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod; e-mail: vskrasilnikov@ya.ru

Введение

Устройство контроля схода подвижного состава (УКСПС) состоит из датчиков контроля нижнего габарита, несущей платформы для размещения датчиков, узлов крепления платформы и контрольной электрической цепи. Несущие платформы служат для установки датчиков контроля УКСПС на единой опорной поверхности. Место расположения УКСПС выбирают исходя из наличия средств сигнализации и связи, типа сигнализации и длины поездов. Предметом исследования является обоснование технических решений, направленных на создание эффективной конструкции несущей платформы с использованием закладных брусьев. Проанализированы достоинства и недостатки технических решений для платформ в виде закладного бруса и для платформ с возможностью крепления на закладном брусеве.

1. Платформы в виде закладных брусьев, прикрепленных к шпалам

Платформа в виде закладного бруса, расположенного в межшпальном пространстве и прикрепленного к шпале рельсошпальной решетки, была применена в УКСПС [1]. На рис. 1 показана схема расположения датчика контроля на закладном брусеве.

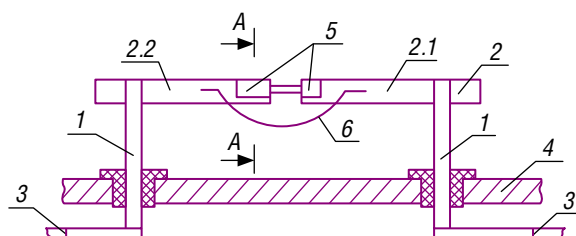


Рис. 1. Схема расположения датчика контроля на платформе, выполненной в виде закладного бруса, расположенного в межшпальном пространстве [1]: 1 — стойки, 2 — датчик контроля, 2.1, 2.2 — части датчика контроля, 3 — перемычки, 4 — платформа, 5 — узел сочленения, 6 — электропроводный элемент

Стойки 1 с датчиками контроля 2 соединены перемычками 3 и смонтированы на платформе 4 в виде закладного бруса. Платформа 4 расположена в межшпальном пространстве и прикреплена к шпалам рельсошпальной решетки. Две части датчика контроля 2.1 и 2.2 соединены узлом сочленения 5 и электропроводным элементом 6.

В [2] было представлено УКСПС, размещенное на несущей платформе в виде закладного бруса и с защитным отбойником для ограждения датчиков контроля от незначительных динамических ударов. Заклад-

ной брус прикреплен к двум соседним шпалам рельсошпальной решетки.

Недостаток этих платформ [1, 2] состоит в том, что закладные брусья передают колебания и вибрации рельсошпальной решетки от проходящих поездов на датчики контроля через механизмы крепления закладных брусьев к шпалам [3–5].

2. Платформы на закладных брусьях без крепления к рельсошпальной решетке

В ООО «ИнфоТех» разработаны устройства контроля серии УКСПС-ПМ [6], предназначенные для крепления как к деревянным, так и к железобетонным шпалам. Несущие платформы устанавливаются в межшпальном пространстве на закладном брусеве (УКСПС-ПМ-02) или крепятся с помощью консолей к соседней шпале рельсошпальной решетки (УКСПС-ПМ-03). Устройства исполнения 02 и 03 являются продолжением разработки УКСПС-ПМ-01 [7].

Несущая платформа устройства УКСПС-ПМ-02, устанавливаемого на закладном деревянном брусеве без его крепления к рельсошпальной решетке [6], представлена на рис. 2.

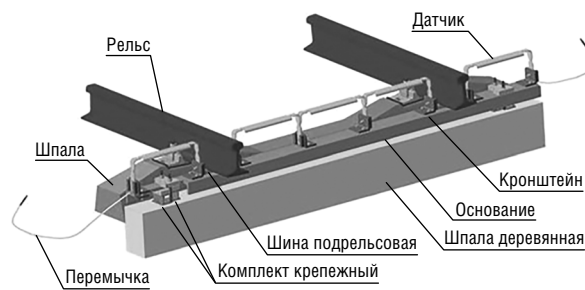


Рис. 2. Общий вид устройства УКСПС-ПМ-02 с креплением основания (платформы) к закладному деревянному брусеву [6]

Несущей платформой УКСПС-ПМ-02 является П-образное основание из армированного стеклопластика. Основание прикреплено к закладному брусеву. Устройство имеет пять датчиков, установленных на основании посредством кронштейнов. Три датчика между рельсами соединены подрельсовыми шинами с двумя датчиками снаружи рельсовой колеи. По концам устройства имеются перемычки для соединения с концевыми муфтами.

Крепление платформы содержит шпильки, регулировочную подставку, установленную на закладном брусеве, и регулировочные пластины, установленные между платформой и регулировочной подставкой. Наличие регулировочных пластин и подставки в каждом соединении платформы и закладного бруса обеспечивает про-

ведение регулировки положения платформы относительно плоскости головки рельса. Крепление платформы шпильками к закладному брусу исключает какие-либо деформации платформы при ее установке в пути.

В [8] несущая платформа УКСПС крепится к трем горизонтальным балкам, которые опираются на два закладных бруса, расположенные в соседних шпальных ящиках. Балки неподвижно соединены с закладными брусками. Положение платформы регулируется с помощью регулировочных пластин между балками и платформой, а также между балками и закладными брусками. Это исключает деформацию платформы при ее установке в путь. Однако, поскольку горизонтальные балки и регулировочные пластины изготовлены из жестких материалов (из металла), то вибрации и колебания от закладных брусков при прохождении подвижного состава могут передаваться через горизонтальные балки на платформу и датчики контроля [9].

В [10] предложено расположение платформы для устройства контроля схода колесной пары с рельсов (УКСКП) на одном закладном брусе, размещенном в межшпальном пространстве без крепления к рельсошпальной решетке (рис. 3).

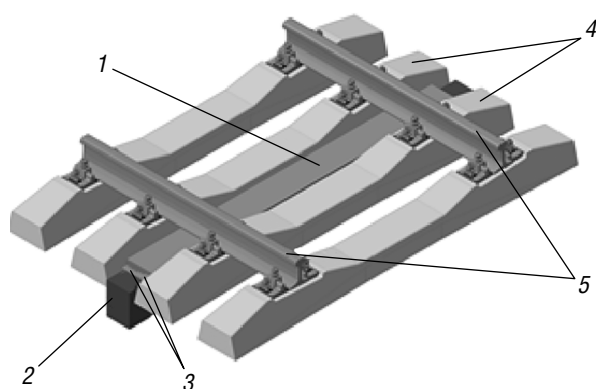


Рис. 3. Схема расположения платформы УКСПП на закладном брусе в межшпальном пространстве [10]: 1 — корпус-платформа с датчиками и амортизатором, 2 — закладной брус, 3 — крепления, 4 — шпалы, 5 — рельсы

Корпус-платформа 1 с датчиками и амортизатором выполнена из полипропилена и закреплена на поверхности закладного бруса 2 с помощью креплений 3. Закладной брус 2 прямоугольного сечения выполнен из ком-

позитных материалов или дерева, расположен между шпалами 4 рельсошпальной решетки и заглублен в балластном слое верхнего строения пути. Поверхность корпуса-платформы 1 находится ниже уровня поверхности железобетонных шпал 4 в их среднем сечении. Датчики контроля помещены внутри корпуса-платформы 1. Корпус снабжен амортизатором, выполненным в виде пакета амортизирующих прокладок. Амортизатор размещен между корпусом-платформой 1 и закладным бруском 2, охватывает всю площадь платформы и гасит вибрации и колебания, которые могут передаваться от закладного бруса на датчики контроля при прохождении составов. Возможность изменения количества амортизирующих прокладок в пакете позволяет менять положение поверхности корпуса-платформы 1 относительно уровня головки рельсов 5 и благодаря этому точнее выставлять по высоте положение датчиков контроля по отношению к нижнему габариту.

Выводы

1. Недостаток несущих платформ в виде закладного бруса с креплением к шпалам [1, 2] состоит в том, что закладной брус передает колебания и вибрации рельсошпальной решетки от проходящих поездов на датчики контроля через крепления закладного бруса к шпалам [3–5].

2. Благодаря платформам, установленным на закладных брусках без их крепления к рельсошпальной решетке, в устройствах [6, 8] достигнуто снижение воздействия колебаний и вибраций на датчики контроля. Это удалось за счет того, что закладные бруска не контактируют ни со шпалами, ни с рельсами. Однако остаточные вибрации от подвижного состава могут передаваться через горизонтальные балки на несущую платформу и датчики контроля [9].

3. Применение амортизатора в УКСПП [10] между закладным бруском и несущей платформой позволяет погасить остаточные вибрации, передающиеся от закладного бруса на датчики контроля при прохождении составов. Поэтому несущая платформа [10] является более совершенной, она позволяет устранить недостатки рассмотренных устройств и, соответственно, сократить случаи ложного срабатывания УКСПС. **ИТ**

Список литературы

1. Пат. 63299 Российская Федерация, МПК В60R 21/01. Устройство контроля схода подвижного состава / Фадеев В. С., Изотов С. А., Каменев А. И., Кондусов В. М., Широких К. В.; заявители и патентообладатели Фадеев В. С., Изотов С. А., Каменев А. И., Кондусов В. М., Широких К. В. № 2005132013/22; заявл. 18.10.05; опубл. 27.05.07, Бюл. № 15. 4 с. : ил.

References

1. Pat. 63299 Russian Federation, IPC B60R 21/01. Rolling stock derailment control device / Fadeev V. S., Izotov S. A., Kamenev A. I. Kondusov V. M., Shirokikh K. V.; applicants and patent holders Fadeev V. S., Izotov S. A., Kamenev A. I. Kondusov V. M., Shirokikh K. V. No. 2005132013/22; application 18.10.05; publ. 27.05.07, Bul. No. 15. 4 p. : ill.

2. Пат. 93748 Российская Федерация, МПК В60L 3/00. Устройство контроля схода подвижного состава / Зингер М. Б., Морозов С. С. ; заявитель и патентообладатель предприятие ООО «Сектор». № 2009128994/22; заявл. 27.07.09; опубл. 10.05.10, Бюл. № 13. 5 с. : ил.
3. Лобанов А. Д., Красильников В. С. Установка фундаментной балки УКСПС на закладные брусья рельсового пути // Техника и технологии наземного транспорта : материалы международной студенческой научно-практической конференции, Нижний Новгород, 15 декабря 2021 года. Нижний Новгород : филиал СамГУПС в г. Нижнем Новгороде, 2022. С. 83–87.
4. Пат. 155788 Российская Федерация, МПК В61L 23/00, В60K 28/10, В60K 28/14, G08B 21/00. Устройство контроля схода колесной пары с рельсов / Зайцев И. А., Ерилин Е. С., Исайчев Н. Г., Красильников В. С. и др. ; заявитель и патентообладатель ОАО «РЖД». № 2015102034/11; заявл. 23.01.15; опубл. 20.10.15, Бюл. № 29. 4 с. : ил.
5. Красильников В. С. О тенденции развития напольных устройств контроля схода подвижного состава // Эпоха путей сообщения: традиции, современность, перспективы : Материалы Международной научно-методической конференции. Оренбург, Самара : СамГУПС, 2021. С. 103–107.
6. Устройство контроля схода подвижного состава на полимерном основании — УКСПС-ПМ // ООО «ИнфоТех» : официальный сайт. URL: <http://www.ntc-infotech.ru/razrabotki/razrabotki-dlya-sluzhb-stsb/ustrojstvo-kontrolja-shoda-podvizhnogo-sostava.html> (дата обращения: 02.11.2022).
7. Инструкция по техническому обслуживанию и ремонту устройств и систем сигнализации, централизации и блокировки № 3168р : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 30.12.2015 (в редакции распоряжения ОАО «РЖД» от 01.09.2016 № 1795р). URL: <https://cssrzd.ru/orders/3168.docx>.
8. Пат. 153701 Российская Федерация, МПК В61L 23/00. Устройство крепления платформы устройства контроля схода подвижного состава / Фадеев В. С., Штанов О. В., Паладин Н. М. ; заявитель и патентообладатель Фадеев В. С. № 2014134495/11; заявл. 22.08.14; опубл. 27.07.15, Бюл. № 21. 6 с. : ил.
9. Красильников В. С. Узлы крепления платформы для устройств контроля схода подвижного состава // Автоматика, связь, информатика. 2022. № 6. С. 12–14. ISSN 0005–2329.
10. Пат. 185444 Российская Федерация, МПК В61L 23/00, В60K 28/10. Устройство контроля схода колесной пары с рельсов / Красильников В. С., Фоминых А. В. ; заявитель и патентообладатель АО «НИИЖТ». № 2018121492; заявл. 13.06.18; опубл. 05.12. 18, Бюл. № 34. 5 с.: ил.
2. Pat. 93748 Russian Federation, IPC B60L 3/00. Rolling stock derailment control device / Singer M. B., Morozov S. S. ; applicant and patent holder enterprise LLC «Sector». No. 2009128994/22; application No. 27.07.09; publ. 10.05.10, Bul. No. 13. 5 p. : ill.
3. Lobanov A. D., Krasilnikov V. S. Installation of the foundation beam of the UKSPS on the embedded rails of the rail track // Equipment and technologies of ground transport : materials of the international student scientific and practical conference, Nizhny Novgorod, December 15, 2021. Nizhny Novgorod : SamGUPS branch in Nizhny Novgorod, 2022. P. 83–87.
4. Pat. 155788 Russian Federation, IPC B61L 23/00, B60K 28/10, B60K 28/14, G08B 21/00. A device for monitoring the derailment of a wheelset / Zaitsev I. A., Yerilin E. S., Isaichev N. G., Krasilnikov V. S., etc.; applicant and patent holder of JSC «Russian Railways». No. 2015102034/11; application 23.01.15; publ. 20.10.15, Bul. No. 29. 4 p. : ill.
5. Krasilnikov V. S. On the trend in the development of floor-mounted devices for monitoring the descent of rolling stock // The Epoch of communication routes: traditions, modernity, prospects : Materials of the International Scientific and Methodological Conference. Orenburg, Samara : SamGUPS, 2021. P. 103–107.
6. The device for monitoring the descent of rolling stock on a polymer base — UKSPS-PM // Infotech LLC : official website. URL: <http://www.ntc-infotech.ru/razrabotki/razrabotki-dlya-sluzhb-stsb/ustrojstvo-kontrolja-shoda-podvizhnogo-sostava.html> (accessed: 02.11.2022).
7. Instructions for maintenance and repair of alarm devices and systems, centralization and blocking No. 3168r : approved by the order of JSC «Russian Railways» dated 30.12.2015 (as amended by the order of JSC «Russian Railways» dated 01.09.2016 No. 1795r). URL: <https://cssrzd.ru/orders/3168.docx>.
8. Pat. 153701 Russian Federation, IPC B 61L 23/00. Mounting device for the platform of the rolling stock derailment control device / Fadeev V. S., Shtanov O. V., Paladin N. M.; applicant and patent holder Fadeev V. S. No. 2014134495/11; application 22.08.14; publ. 27.07.15, Bul. No. 21. 6 s. : il.
9. Krasilnikov V. S. Platform mounting units for control devices derailment of rolling stock // Automation, communications, informatics. 2022. No. 6. P. 12–14. ISSN 0005–2329.
10. Pat. 185444 Russian Federation, IPC B61L 23/00, B60K 28/10. A device for monitoring the derailment of a wheelset / Krasilnikov V. S., Fomin A. V.; applicant and patent holder of JSC «NIIZHT». No. 2018121492; application. 13.06.18; publ. 05.12. 18, Bul. No. 34. 5 p. : ill.



**Елена
Николаевна
Тимухина**

**Elena N.
Timukhina**



**Наталья
Вячеславовна
Кащеева**

**Natalia V.
Kashcheeva**



**Максим
Маратович
Аманов**

**Maxim M.
Amanov**

Анализ причин отставления от движения грузовых поездов на полигоне Свердловской железной дороги

Analysis of the reasons for disengagement of freight trains at the testing ground of the Sverdlovsk railway

Аннотация

Ежегодно на сети ОАО «РЖД» брошенными, или отставленными от движения, становятся более 1600 поездов. Это снижает эксплуатационные показатели работы железных дорог, а также приводит к невыполнению обязательств по срокам доставки грузов. Статья посвящена изучению данной проблемы и анализу причин отставления от движения грузовых поездов на полигоне Свердловской железной дороги.

Ключевые слова: брошенный поезд, отставление поездов, пропускная способность, Свердловская железная дорога.

Abstract

Every year, more than 1,600 trains become abandoned or disengaged on JSC "Russian Railways"'s network. This reduces the operational performance of railways, and also leads to non-fulfillment of obligations for the delivery of cargo. The article provides a thorough study of this problem and the analysis of the reasons for disengagement of freight trains at the testing ground of the Sverdlovsk railway.

Keywords: abandoned train, train disengagement, throughput capacity, Sverdlovsk railway.

Авторы Authors

Елена Николаевна Тимухина, д-р техн. наук, профессор кафедры «Управление эксплуатационной работой» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Наталья Вячеславовна Кащеева, канд. техн. наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Максим Маратович Аманов, аспирант Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Elena N. Timukhina, Doctor of Technical Sciences, Professor of "Operations Management" Department of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | Natalia V. Kashcheeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of "Operations Management" Department of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | Maxim M. Amanov, Post-graduate student of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg

В настоящее время одним из актуальных вопросов для холдинга ОАО «РЖД» является несвоевременная обработка прибывающих грузовых поездов. Особенно остро данная проблема проявилась после снятия ограничений в 2021 г., вызванных пандемией COVID-19. Многие грузоотправители начали увеличивать грузопотоки, следовательно, стали динамично возрастать и вагонопотоки [1].

Техническое оснащение станций и путей необщего пользования зачастую не позволяет переработать прибывающий вагонопоток, и поезда простаивают на станциях в ожидании обработки, особенно при подходах к крупным промышленным центрам и припортовыми станциями. Это влияет на снижение эксплуатационных показателей и увеличивает сроки доставки грузов.

Брошенный или отставленный от движения поезд — это состав грузового поезда без локомотива, движение которого временно остановлено по коммерческим, техническим или технологическим причинам [2]. Сегодня на сети РЖД брошено почти 1600 поездов, или более 112 тыс. вагонов, что составляет около 10 % от рабочего парка [3].

Свердловская железная дорога занимает одно из лидирующих мест по количеству брошенных поездов (рис. 1), которые следуют не только на станции Свердловской железной дороги (на Екатеринбург-Сортировочный, Войновку, Полевской), но и на станции Западно-Сибирской железной дороги (более 21 % от всех поездов).

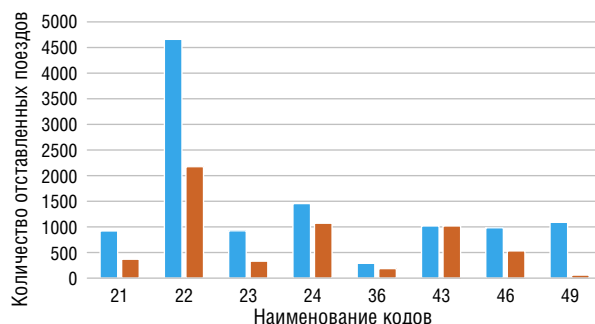


Рис. 1. Динамика задержек грузовых поездов на полигоне Свердловской железной дороги (по кодам):

■ — 2021 год; ■ — 2022 год (первые 10 месяцев)

Согласно данным Единой автоматизированной системы актово-претензионной работы хозяйства коммерческой работы в сфере грузовых перевозок за 2021–2022 гг., основными причинами задержек грузовых поездов [4] на Свердловской магистрали стали:

- 21 — отказы технических средств, находящихся в ведении дирекции тяги;
- 22 — отсутствие или ожидание локомотива перевозчика из-за недосодержания эксплуатируемого парка к установленному плану по видам движения;

- 23 — несвоевременная подача локомотива;
- 24 — оказание помощи задержанным пассажирским и пригородным поездам;
- 36 — занятость путей станции вагонами в ожидании технического обслуживания;
- 43 — задержка, вызванная элементами падения контактной сети;
- 46 — задержка, вызванная передержкой технологического окна;
- 49 — устранение коммерческой неисправности на механизированном пункте производственного участка.

Достаточно велика доля задержек, связанных с отставлением от движения поездов по вине дирекции тяги. По коду 22 доля отставленных поездов составляет 39 %. Это связано с нарушением технического обслуживания локомотивного хозяйства, так как средний возраст локомотивов на сети составляет 28 лет при сроке службы 35 лет. Кроме того, существует проблема в увязке локомотивов и локомотивных бригад.

Еще одна причина задержек — непредусмотренные окна (8,8 %), которые, как правило, возникают вследствие недостатков в части управления ремонтными работами в ОАО «РЖД». Кроме того, причиной незапланированных окон могут быть перенесенные на более поздний срок ремонты [5].

В местах массовой погрузки (в крупных промышленных центрах) часто наблюдается несогласованность подачи порожних вагонов для выполнения грузовых операций. Из-за перегруженности станционных путей превышает время нахождения вагонов на станции, что негативно влияет на ритмичность прибытия поездов на станцию.

В разное время года количество брошенных поездов различается. Так, например, в зимний период, при низких температурах возникают сложности в выполнении грузовых операций, и увеличивается время на обработку грузов. Соответственно, увеличивается и время занятия вагонами путей необщего пользования [6].

По сравнению с 2021 г. доля отставленных от движения поездов по кодам снизилась, но увеличилось количество отставлений по «нулевому» коду, когда поезда простаивают на станциях меньше суток без отцепки поездного локомотива. Решение данной проблемы требует комплексного подхода и реализации ряда мероприятий. Необходимо обеспечить контроль за неплановыми заходами локомотивов в ремонт, наличие эксплуатируемого парка локомотивов в соответствии с техническими нормативами, разработку плана предоставления окон и др. В итоге сократятся локомотиво-часы (уменьшится потребность в резервном пробеге локомотивов), освободятся приемо-отправочные пути промежуточных станций, улучшится пропуск поездов. **ИТ**

Список литературы

1. Сысоенко М. В., Беленкова А. И. Проблема 2021–2022 года: бросание поездов на Российских железных дорогах // E-Scio. 2022. № 4 (67). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-2021–2022-goda-brosanie-poezdov-na-rossiyskih-zheleznyh-dorogah> (дата обращения: 09.11.2022).
2. На востоке нарастает транспортный коллапс // Газета «РЖД-Партнер». URL: <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/news/na-vostoke-narastaet-transportnyy-kollaps/> (дата обращения: 03.11.2022).
3. В РЖД назвали число составов на путях без движения // Российская газета. URL: <https://rg.ru/2022/02/17/v-rzhd-nazvali-chislo-sostavov-na-putiah-bez-dvizheniia.html> (дата обращения: 12.11.2022).
4. Распоряжение ОАО «Российские железные дороги» от 26 июня 2017 г. N 1192р «Об утверждении классификатора причин задержек грузов и порожних вагонов». URL: <https://docs.cntd.ru/document/555611634> (дата обращения: 12.11.2022).
5. Почему бросают поезд на сети РЖД? // Газета «РЖД-Партнер». URL: <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/comments/pochemu-brosayut-poezda-na-seti-rzhd/> (дата обращения: 12.11.2022).
6. Новиков П. О. Разработка технологии временного отставления от движения и подъема грузовых поездов : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Новиков Павел Олегович; Моск. гос. ун-т путей сообщ. (МИИТ). М., 2014. 133 с.

References

1. Sysoenko M. V., Belenkova A. I. The problem of 2021–2022: throwing trains on Russian railways // E-Scio. 2022. No. 4 (67). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-2021–2022-goda-brosanie-poezdov-na-rossiyskih-zheleznyh-dorogah> (accessed: 09.11.2022).
2. Transport collapse is increasing in the east // RZD-Partner. URL: <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/news/na-vostoke-narastaet-transportnyy-kollaps/> (accessed: 3.11.2022).
3. The Russian Railways named the number of trains on the tracks without movement // Rossiyskaya Gazeta. URL: <https://rg.ru/2022/02/17/v-rzhd-nazvali-chislo-sostavov-na-putiah-bez-dvizheniia.html> (accessed: 12.11.2022).
4. Order of JSC «Russian Railways» dated June 26, 2017 N 1192r «On approval of the classifier of reasons for delays of cargo and empty wagons». URL: <https://docs.cntd.ru/document/555611634> (accessed: 12.11.2022).
5. Why are trains being abandoned on the Russian Railways network? // RZD-Partner. URL: <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/comments/pochemu-brosayut-poezda-na-seti-rzhd/> (accessed: 12.11.2022).
6. Novikov P. O. Development of technology of temporary lagging from the movement and lifting of freight trains: dis. ... Cand. of Tech. Sc. : 05.22.08 / Novikov Pavel Olegovich; Moscow State University of Railway Transport (MIIT). M., 2014. 133 p.

Уважаемые читатели и авторы журнала «Инновационный транспорт»!

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

Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС

ИНН-КПП 6670317893/667001001

ОГРН 1156600001470

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

Р/с 40703810863010000192

в ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ

к/с 30101810900000000795

БИК 046577795

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

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

Уважаемые руководители инновационных компаний и предприятий!

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

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

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

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

Извещение	<p>Получатель: Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС КПП: <u>667001001</u> ИНН: <u>6670317893</u> ОКТМО: <u>65701000</u> Р/сч.: <u>40703810863010000192</u> в: ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ БИК: <u>046577795</u> К/сч.: <u>30101810900000000795</u> Код бюджетной классификации (КБК): _____ Платеж: Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС Плательщик: _____ Адрес плательщика: _____ ИНН плательщика: _____ № л/сч. плательщика: _____ Сумма: _____ руб. ____ коп. Подпись: _____ Дата: «___» _____ 2023 г.</p>
Квитанция	<p>Получатель: Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС КПП: <u>667001001</u> ИНН: <u>6670317893</u> ОКТМО: <u>65701000</u> Р/сч.: <u>40703810863010000192</u> в: ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ БИК: <u>046577795</u> К/сч.: <u>30101810900000000795</u> Код бюджетной классификации (КБК): _____ Платеж: Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС Плательщик: _____ Адрес плательщика: _____ ИНН плательщика: _____ № л/сч. плательщика: _____ Сумма: _____ руб. ____ коп. Подпись: _____ Дата: «___» _____ 2023 г.</p>

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

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

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.

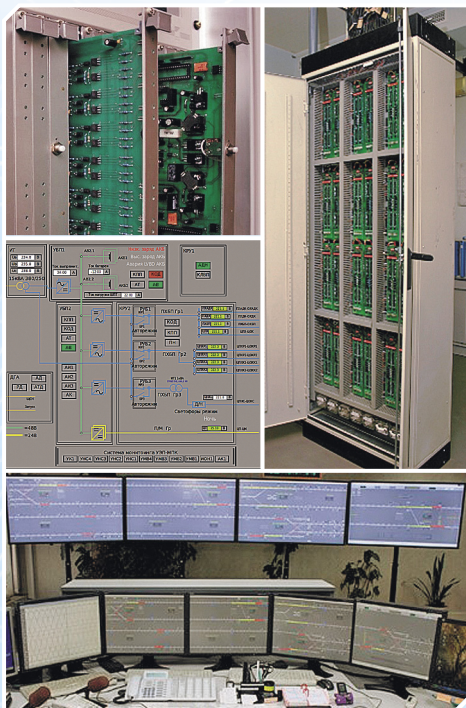
6. Рисунки и таблицы. Таблицы должны быть снабжены заголовками, а рисунки — подписями. Расположение заголовков: слово «Таблица» — в правый край таблицы; название таблицы располагается по центру над таблицей. В рисунках (диаграммах и графиках) слово «Рис.», номер и название рисунка располагаются по центру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

