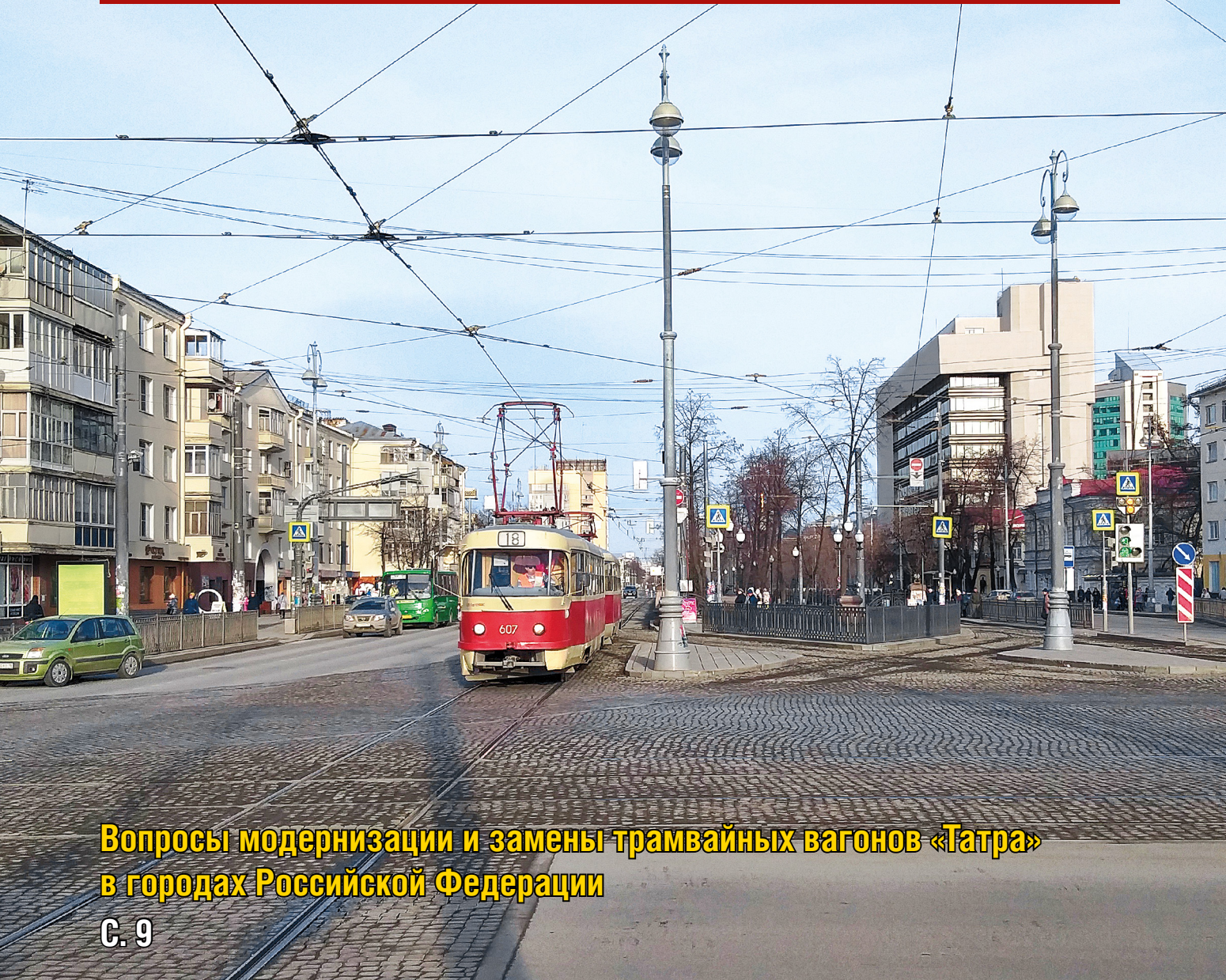


ИННОВАЦИОННЫЙ ТРАНСПОРТ

№ 4 (50)
декабрь 2023

I N N O T R A N S



**Вопросы модернизации и замены трамвайных вагонов «Татра»
в городах Российской Федерации**

С. 9

**Состояние и роль пригородного
пассажирского комплекса в
развитии субъектов РФ**

**Современные ERP-системы
как инструмент организации
производства**

**О развитии средств
диагностики объектов
железных дорог**



ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА

ДАТА ОСНОВАНИЯ — 1991 год

ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ — объединение ученых, специалистов и руководителей

ПРИОРИТЕТНАЯ ЗАДАЧА — проведение исследовательских и научно-технических работ

БОЛЕЕ **660** УЧЕНЫХ

540 ДОКТОРОВ НАУК

БОЛЕЕ **120** КАНДИДАТОВ НАУК

400 ПОЧЕТНЫХ ЧЛЕНОВ

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

НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ:

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

КТО МОЖЕТ СТАТЬ ЧЛЕНОМ АКАДЕМИИ?

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

- доктора транспорта
- кандидата наук
- доктора наук



2 ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
ОТДЕЛЕНИЯ

47 РЕГИОНАЛЬНЫХ
ОТДЕЛЕНИЙ

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

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

Инновационный транспорт (Иннотранс)

Научно-публицистическое издание

№ 4 (50), 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.

Подписной индекс издания в общероссийском каталоге
«Пресса России» — 85022. Цена 641,88 руб.

DOI: 10.20291/2311-164X

Изготовлено в ИБК УрГУПС,

620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, д. 66.

Подписано в печать 29.12.2023. Дата выхода в свет 15.01.2024

Тираж 250 экз. (1-й з-д 1–70). Заказ № 38

© 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).

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

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

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

Innotrans

Scientific-and-nonfiction edition

№ 4 (50), 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 29.12.2023. Date of issue 15.01.2024

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>Колокольников В. С., Муравьев А. А.</i> Текущее состояние и роль пригородного пассажирского комплекса в развитии субъектов Российской Федерации	3
<i>Неволин Д. Г., Цариков А. А., Бондаренко В. Г., Сорогин И. Г.</i> Вопросы модернизации и замены трамвайных вагонов «Татра» в городах Российской Федерации	9
<i>Самуйлов В. М., Серeda М. А.</i> Создание единого транспортно-логистического каркаса в России в рамках проекта «Один пояс, один путь»	15

Организация производства (транспорт)

<i>Нестеренко П. С., Вохмянина А. В.</i> Современные ERP-системы как инструмент организации производства	21
<i>Чонка А. В.</i> Перспективы применения переходных кривых, совмещенных с кривыми в вертикальной плоскости	26

Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

<i>Андрюков А. В.</i> Анализ отказов устройств контактной сети по причине гололедообразования	33
<i>Сабиров Н. Э., Валиев Ш. К.</i> Пути совершенствования и развития средств диагностики объектов железнодорожной инфраструктуры	39
<i>Завадич А. В., Смольянинов А. В.</i> Основные конструктивные изменения четырехосной gondola грузоподъемностью 60–62 тонны с деревянной обшивкой, выполненные в период с 1949 по 1963 год (модернизация модели 12-37 и создание модели 12-515)	44
<i>Шадрин А. О., Старцев И. М.</i> Моделирование устройства для динамического торможения трехфазного асинхронного электродвигателя с конденсаторными источниками постоянного тока	52
<i>Елькин Е. М., Фролов Н. О.</i> Аналитическое определение аномальных режимов работы электрического оборудования электровоза 2ЭС6 «Синара»	58
<i>Клочихин Е. А., Неугодинов Ю. П.</i> Оценка технико-экономической эффективности применения новых трансформаторов для тяговых подстанций железных дорог	62

CONTENTS

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

<i>Vitaly S. Kolokolnikov, Andrej A. Muravjev.</i> The Up-to-Date Condition and the Role of the Commuter Passenger Complex in the Development of Russian Federation Regions	3
<i>Dmitry G. Nevolin, Aleksey A. Tsarikov, Viktor G. Bondarenko, Igor G. Sorogin.</i> Issues of Modernization and tram cars “Tatra” replacement in the cities of Russian Federation	9
<i>Valery M. Samuilov, Maksim A. Sereda.</i> The Creation of a Unified Transport and Logistics Framework in Russia within the Project “One Belt, One Way”	15

The organization of production (transport)

<i>Prokhor S. Nesterenko, Anna V. Vokhmyanina.</i> Up-to-Date ERP Systems as a Production Organization Instrument	21
<i>Artem V. Chonka.</i> Prospects of the application of transition curves combined with curves in a vertical plane	26

Rolling stock, hauling operation and electrification

<i>Aleksandr V. Andrukov.</i> Analyses of the Contact System Devices Failure Caused by Icing	33
<i>Nakip Z. Sabirov, Shamil K. Valiev.</i> Ways of Modernization and Development of the Means of Diagnosing the Railway Infrastructure Facilities	39
<i>Alexey V. Zavadich, Alexander V. Smolyaninov.</i> Principal Construction Changes of Four-Axle Gondola with Carrying Capacity 60-62 Tons with Wooden Cover, Produced from 1949 to 1963 (Modernization of Model 12-37 and Model 12-515 Creation)	44
<i>Andrei O. Shadrin, Ivan M. Startsev.</i> Modelling of the Device of Dynamic Braking of Three-Phase Induction Motor with Direct Current Capacitors	52
<i>Evgeniy M. Elkin, Nikolai O. Frolov.</i> Analytical Identification of Abnormal Regimes of Work of the Electrical Equipment of 2ES6 “Sinara” Electric Locomotive	58
<i>Evgeny A. Klochikhin, Yuri P. Neugodnikov.</i> Evaluation of Technical and Economical Effectiveness of the Use of New Transformers for Railways Traction Substations	62



Виталий Сергеевич Колокольников
Vitaly S. Kolokolnikov



Андрей Алексеевич Муравьев
Andrej A. Muravjev

Текущее состояние и роль пригородного пассажирского комплекса в развитии субъектов Российской Федерации

The Up-to-Date Condition and the Role of the Commuter Passenger Complex in the Development of Russian Federation Regions

Аннотация

В настоящее время пригородные пассажирские перевозки во многих регионах России являются убыточными и не отвечают современным требованиям к качеству предоставляемых услуг, поэтому пассажиры отдают предпочтение альтернативным видам транспорта. Статья посвящена изучению проблем пригородных пассажирских перевозок в российских регионах. Приведена статистика по числу перевезенных пассажиров и пассажирообороту на железнодорожном транспорте в 2022 г. На примере Свердловской железной дороги изучены причины, по которым пассажиры выбирают альтернативные виды транспорта, проведен анализ структуры парка пригородных поездов. Рассмотрены мероприятия, направленные на улучшение работы пригородного пассажирского комплекса. На примере московских проектов «Московское центральное кольцо» и «Московские центральные диаметры» описана роль пригородных и внутригородских железнодорожных перевозок в эффективном развитии пригородных пассажирских компаний и городских агломераций.

Ключевые слова: Свердловская железная дорога, пригородные железнодорожные перевозки, Московский железнодорожный узел, Московское центральное кольцо, Московские центральные диаметры.

Abstract

At present commuter passenger transportations in most regions of Russia are unprofitable and do not correlate to the up-to-date demands for the service quality. Therefore, passengers prefer alternative means of transport. The article is dedicated to the research of the problems of the commuter passenger transportations in the regions of Russia. Statistics on the number of the transported passengers and the passenger flow in the railway transport in 2022 is given. The reasons which result the passengers to choose alternative means of transport are examined on the example of the Sverdlovsk Railways, the analyses of the structure of commuter trains fleet is conducted. Measures to improve the work of the commuter passenger complex are studied. The role of the suburban and urban rail transportation is described in the effective development of the commuter railway companies and intercity agglomerations on the example of Moscow designs “Moscow Central Ring” and “Moscow Central Diameters”.

Keywords: Sverdlovsk Railway, commuter railway transportations, Moscow railway hub, Moscow central ring, Moscow central diameters.

Авторы Authors

Виталий Сергеевич Колокольников, д-р техн. наук, профессор кафедры «Управление эксплуатационной работой», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: VKolokolnikov@usurt.ru | **Андрей Алексеевич Муравьев**, студент группы ЭД-549 факультета управления процессами перевозок, Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: murravjov@mail.ru

Vitaly S. Kolokolnikov, doctor of technical sciences, professor of the chair “Management of Operational Work”, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: VKolokolnikov@usurt.ru | **Andrej A. Muravjev**, student of group ED-549 of the faculty of Management of Transportation Processes, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: murravjov@mail.ru

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

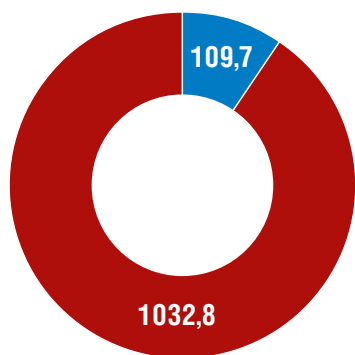


Рис. 1. Перевозки пассажиров железнодорожным транспортом в зависимости от вида сообщения в 2022 г., млн чел.:

■ — в дальнем сообщении;
■ — пригородные (внутригородские) перевозки

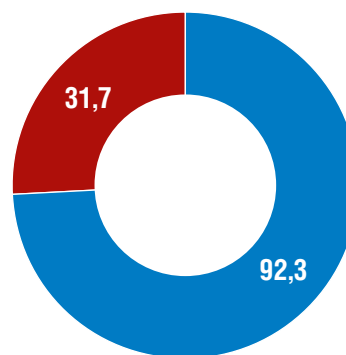


Рис. 2. Пассажирооборот железнодорожного транспорта в зависимости от вида сообщения в 2022 г., млрд пасс-км:

■ — в дальнем сообщении;
■ — пригородные (внутригородские) перевозки



Рис. 3. Основные критерии выбора вида транспорта

Согласно утвержденной Правительством РФ Концепции развития пригородных пассажирских перевозок железнодорожным транспортом, перевозки пассажиров в пригородном железнодорожном сообщении призваны удовлетворить одну из базовых, первоочередных потребностей граждан РФ в свободе передвижения [1]. Параметры и характеристики работы пригородного транспорта определяют величину времени, затрачиваемого пассажирами в пути, а также связаны с обеспечением комфортной городской среды. Качественное выполнение пригородных и внутригородских перевозок положительным образом влияет на развитие экономики государства в целом, обеспечивая при этом создание новых рабочих мест и способствуя росту трудовой миграции.

Статистика числа перевезенных пассажиров (в миллионах человек) в 2022 г. (рис. 1) свидетельствует о популярности пригородного и внутригородского сообщения, на которое приходится 90,4 % от суммарного количества пассажиров, перевезенных по железной дороге [2].

В структуре годового пассажирооборота на железнодорожном транспорте пригородные (включая внутригородские) перевозки составляют 25,6 % (рис. 2).

Согласно данным всероссийского опроса населения о транспортных предпочтениях при поездках между городом и областью, проведенного в 2019 г. Институтом проблем естественных монополий, определены основные критерии, влияющие на выбор пассажирами вида транспорта при планировании поездок (рис. 3). Важнейшими критериями стали затрачиваемое пассажиром время в пути, удобство расписания транспорта и уровень комфорта во время поездки. Поскольку доля железнодорожного транспорта в структуре перевозок пассажиров составляет всего 8 %, но при этом на пригородные и внутригородские железнодорожные перевозки приходится 90,4 %, очевидно, что в большинстве субъектов России пригородный пассажирский комплекс не удовлетворяет вышеописанным критериям.

На примере работы пригородного пассажирского комплекса Свердловской области можно убедиться в на-

личии факторов, определяющих выбор вида транспорта горожанами не в пользу пригородных поездов. Так, стоит отметить высокую загрузку Екатеринбургского железнодорожного узла, оказывающую влияние на затрачиваемое пассажирами время в пути (маршрутные скорости поездов всего 25–35 км/ч). Уменьшение пропускной способности на некоторых участках свидетельствует о необходимости проработки и реализации определенных технических, технологических и организационных мероприятий, направленных на увеличение ее резервов.

Параметр «удобство расписания» также не является показательным. В настоящее время график движения пригородных поездов формируется по «остаточному» принципу, в результате чего существующее расписание не всегда соответствует ожиданиям пассажиров, сдерживая рост пассажиропотока и, как следствие, пассажирооборота.

Понятие комфорта транспортного средства за последние десятилетия кардинально изменилось. Именно поэтому пассажиры по достоинству оценивают новые электропоезда, которые оборудованы системами кондиционирования воздуха, комфортабельными сиденьями, а также отличаются плавностью хода. В настоящее время структура парка пригородных поездов Свердловской железной дороги в основном представлена поездами серий ЭТ2 и ЭД4М (табл. 1), однако холдингом ОАО «РЖД» реализуется программа по обновлению подвижного состава, в которую включена в том числе и Свердловская дорога [3, 4]. Благодаря закупке новых дизель- и электропоездов повышается комфортабельность и привлекательность пригородных пассажирских перевозок по сравнению с альтернативными видами транспорта.

Для повышения качества пригородных и внутригородских перевозок также необходимо реализовать следующие мероприятия:

- 1) проанализировать существующие маршруты и актуализировать их с учетом потребностей в освоении пассажиропотоков на межрегиональных направлениях;
- 2) проанализировать существующий график движения поездов и разработать удобное для пассажиров расписание в увязке с режимом работы городского общественного транспорта;
- 3) продолжить обновление инфраструктуры, прилегающей к остановочным пунктам пригородных и внутригородских поездов;
- 4) осуществить интеграцию пригородного и внутригородского железнодорожного сообщения в городскую транспортную сеть путем создания транспортно-пересадочных узлов;
- 5) увеличить количество и улучшить качество предоставляемых услуг на всем пути следования пассажира;
- 6) увеличить финансирование пригородных пассажирских комплексов с целью повышения конкурентоспособности пригородных поездов как вида транспорта;
- 7) компенсировать убытки от пригородных железнодорожных перевозок за счет актуализации нормативно-правовых документов.

Реализация данных мероприятий будет способствовать увеличению пассажиропотока как на станциях, так и на территории вокзальных комплексов. На территории Екатеринбургской агломерации опорной пассажирской станцией является Екатеринбург-Пассажирский. Для снижения загрузки вокзала возможно создание на его территории полноценного транспортно-пересадочного узла. При этом важно обеспечить [5]:

Таблица 1

Структура парка пригородных поездов Свердловской железной дороги

Серия	Год постройки			Итого, поездов	Доля в парке, %
	до 2005	2006-2012	2013-2023		
ЭД2Т	9	—	—	9	75
ЭТ2	21	5	—	26	
ЭД4М	34	23	—	57	
РА2	—	2	—	2	25
РА3 («Орлан»)	—	—	4	4	
ЭП2ДМ	—	—	2	2	
ЭС1, ЭС2Г («Ласточка»)	—	—	25	25	
Итого	64	30	31	125	

1) удобную систему навигации и разделение потоков пассажиров по территории комплекса для исключения скопления людей в пиковые часы;

2) создание пешеходных коридоров по принципу «сухие ноги» между вокзалом и городским транспортом;

3) благоустройство территории вокзального комплекса и подходов к нему с учетом требований по доступности зданий и сооружений для маломобильных групп населения (СП 59.13330.2012);

4) грамотную организацию движения личного и общественного транспорта на территории транспортно-пересадочного узла и на подходах к нему.

Несмотря на существующие проблемы, в пригородном пассажирском комплексе Свердловской железной дороги реализуются мероприятия, направленные на повышение привлекательности у населения пригородных перевозок. В 2022 г. между правительством Свердловской области, Свердловской железной дорогой и администрацией Екатеринбурга подписано соглашение о реализации проекта «Наземное метро» (сеть электричек вокруг Екатеринбурга). Предполагается, что электротранспорт будет курсировать по двум маршрутам: «Новокольцовский» — до аэропорта Кольцово, районов Солнечный, Академический и Широкая Речка протяженностью 31 км и «Юго-Западный» — по районам ВИЗ, Ботанический, Вторчермет и другим протяженностью 43 км [6]. В результате, по прогнозам транспортников, пассажиропоток внутри Екатеринбурга вырастет с 233 до 300 млн поездок ежегодно, а маятниковая миграция достигнет рекордной отметки — 400 тысяч человек ежедневно. Полностью реализовать проект планируется к 2030 г. 20 октября 2023 г. зарезервирован участок земли между станциями Аэропорт Кольцово и Компрессорный сроком на три года [7]. Это подтверждает намерения участников реализовать данный проект.

В сфере тарифной политики также отмечаются положительные тенденции — с 24 февраля 2023 г. в пригородных поездах в пределах Екатеринбурга начал действовать единый городской тариф стоимостью 35 рублей. За первые полгода данное нововведение привело к увеличению пассажиропотока на станциях Вторчермет (+45 %), Чапаевская (+41 %), Лесотехническая (+40 %), Аэропорт Кольцово (+38 %), Керамик (+38 %) и других. Спрос на пригородные железнодорожные перевозки увеличился на 21 % [8].

Предпринимаются меры для повышения привлекательности межрегиональных пригородных перевозок как альтернативы автобусному сообщению по таким параметрам, как время в пути и стоимость проезда. В частности, на популярном направлении Екатеринбург — Челябинск с 12 декабря 2023 г. рассматривается вопрос запуска третьей пары поезда «Орлан» [9].

Во внутригородских перевозках также заметны изменения. После открытия кампуса Уральского федераль-

ного университета в Новокольцовском районе с 18 сентября 2023 г. было скорректировано расписание городской электрички «под нужды студентов», а расписание по конечному пункту «Аэропорт Кольцово» согласовано с графиком движения автобусов-шаттлов, выполняющих роль подвозящего транспорта. Данный пример можно было бы считать показательным с точки зрения взаимодействия пригородного пассажирского комплекса и городского общественного транспорта субъекта РФ, однако не оправдавшее себя назначение автобусов-шаттлов из-за кадрового дефицита привело к значительному увеличению интервалов на других, более значимых автобусных маршрутах города.

В части инфраструктуры в 2023 г. завершено обустройство подходов к остановочному пункту ВИЗ, станциям Шарташ и Шувакиш. Продолжится модернизация станции Аппаратная, платформы Компрессорный Завод. Планируется обустройство новой платформы на Синих Камнях. На станции Шарташ 26 июля 2023 г. был открыт капсульный автономный вокзал. Внутри оборудован комфортный зал ожидания с системой климат-контроля, мини-кофейней, обеспечена возможность зарядки гаджетов и бесплатного пользования сетью Wi-Fi. Также оборудованы санитарные комнаты и кассовые зоны, в том числе для маломобильных пассажиров [10].

Продолжается обновление парка пригородных поездов. С 6 октября 2023 г. на направлении Тюмень — Ишим начал курсировать современный комфортабельный электропоезд серии ЭП2ДМ. Проводятся испытания новой серии электропоездов ЭС104 «Ласточка», на 100 % произведенной из российских комплектующих (в перспективе будут заменять «Ласточки» серий ЭС1 и ЭС2Г). В дальнейшем планируется поставка электропоездов данной серии в том числе и на Свердловскую железную дорогу.

В целом на российских железных дорогах расширяется сеть мультимодальных маршрутов и пересадочных узлов. За 2022 г. мультимодальными перевозками на базе пригородных пассажирских компаний было перевезено более 100 тыс. пассажиров, что на 29 % выше показателя 2021 г. [10].

Напротив, образцово-показательным можно назвать развитие пригородного пассажирского комплекса в Московском железнодорожном узле. Благодаря реализации проектов МЦК (Московское центральное кольцо) и МЦД (Московские центральные диаметры) намного улучшилось транспортное обслуживание и качество жизни горожан. Железнодорожное сообщение поэтапно интегрируется в общегородскую транспортную сеть: создаются транспортно-пересадочные узлы, оптимизируется расписание движения транспорта и тарифное меню, расширяется перечень способов оплаты проезда. Удобные пересадки между городским общественным и железнодорожным видами транспорта позволили разгрузить часть станций метрополитена, а также уменьшили

загрузку вокзальных комплексов. Проект непрерывно совершенствуется. В частности, в настоящее время проводятся испытания технологии, позволяющей в будущем работать электропоездам в беспилотном режиме (без машиниста в кабине) — машинист-оператор сможет контролировать движение из Центра дистанционного контроля и управления. Происходит обновление парка подвижного состава — устаревшие электропоезда заменяются на современные серии «Иволга», ЭП2ДМ, ЭШ2 («Евразия»).

Проект «Московские центральные диаметры» предполагает организацию пяти диаметрально расположенных маршрутов, пролегающих по территории Москвы и связывающих между собой областные центры. Четыре маршрута, по состоянию на 9 сентября 2023 г., уже введены в эксплуатацию, а реализация пятого в настоящее время находится на этапе проектных работ [12, 13].

Запуск МЦД и МЦК позволил увеличить число возможных маршрутов передвижения по столице, значительно сократить время в пути и увеличить комфорт поездки. Обеспечение регулярности движения, замена подвижного состава на современный и грамотно реализованная пересадочная система оказали положительное влияние на развитие пригородного пассажирского комплекса, а также Москвы и Московской области как субъектов Российской Федерации.

Таким образом, пригородный пассажирский комплекс играет немаловажную роль в развитии субъектов Российской Федерации. Руководящими структурными подразделениями, отвечающими за его работу, постоянно реализуются мероприятия, направленные на повышение качества предоставляемых услуг для пассажиров. Для увеличения спроса и эффективности работы компании разрабатываются и внедряются современные технические и управленческие решения. **ИТ**

Список литературы

1. Концепция развития пригородных пассажирских перевозок железнодорожным транспортом: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 мая 2014 г. № 857-р. URL: <http://government.ru/docs/all/91514>.
2. Транспорт России. Информационно-статистический бюллетень. 2022 год. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/7/12386> (дата обращения: 14.11.2023).
3. Свердловская железная дорога, ОАО «РЖД». URL: <https://railgallery.ru/list.php?loid=22> (дата обращения: 14.11.2023).
4. В Свердловской области обновят парк пригородных поездов. URL: <https://уральский-рабочий.рф/news/item/46194> (дата обращения: 14.11.2023).
5. Постановление Правительства Свердловской области от 29.04.2021 № 248-ПП «Об утверждении Стратегии развития транспортного комплекса Свердловской области на период до 2035 года. URL: <https://docs.cntd.ru/document/574725412>
6. Дорожную карту и соглашения по подготовке маршрутов проекта «Наземное метро» в Екатеринбурге подписали на ИННОПРОМе // ОАО «РЖД»: официальный сайт. URL: <https://svzd.rzd.ru/ru/4736/page/104069?id=275087> (дата обращения: 14.11.2023).
7. Постановление Администрации города Екатеринбурга от 20.10.2023 № 2873. «О резервировании земель для муниципальных нужд в рамках реализации проекта «Екатеринбургское центральное пассажирское кольцо». URL: https://екатеринбург.рф/официально/документы/постановления/п_2023/40871
8. Более 1 млн пассажиров перевезли электрички в формате «наземного метро» по единому городскому тарифу в Екатеринбурге // «РЖД»: официальный сайт. URL: <https://svzd.rzd.ru/ru/4736/page/104069?id=286760> (дата обращения: 14.11.2023).
9. Между Екатеринбург и Челябинском добавят тре-

References

1. The concept of development of suburban passenger transportation by rail: approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated May 19, 2014 No. 857-R. URL: <http://government.ru/docs/all/91514>.
2. Transport of Russia. Information and statistical bulletin. 2022. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/7/12386> (accessed: 14.11.2023).
3. Sverdlovsk Railway, JSC «Russian Railways». URL: <https://railgallery.ru/list.php?loid=22> (accessed: 14.11.2023).
4. The suburban train fleet will be updated in the Sverdlovsk region. URL: <https://уральский-рабочий.RF/news/item/46194> (accessed: 14.11.2023).
5. Resolution of the Government of the Sverdlovsk Region dated 04/29/2021 No. 248-PP «On approval of the Strategy for the development of the transport complex of the Sverdlovsk region for the period up to 2035. URL: <https://docs.cntd.ru/document/574725412>.
6. The roadmap and agreements on the preparation of the routes of the Surface Metro project in Yekaterinburg were signed at INNOPROM // JSC «Russian Railways»: official website. URL: <https://svzd.rzd.ru/ru/4736/page/104069?id=275087> (accessed: 14.11.2023).
7. Resolution of the Yekaterinburg City Administration No. 2873 dated 10/20/2023. «On the reservation of land for municipal needs within the framework of the Yekaterinburg Central Passenger Ring project. URL: https://екатеринбург.рф/официально/документы/постановления/п_2023/40871.
8. More than 1 million passengers transported trains in the format of a «surface metro» at a single city tariff in Yekaterinburg // «Russian Railways»: official website. URL: <https://svzd.rzd.ru/ru/4736/page/104069?id=286760> (accessed: 14.11.2023).

- тью пару «Орланов» // Коммерсантъ. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6319594> (дата обращения: 14.11.2023).
10. В Екатеринбурге открылся первый в России капсульный вокзал. URL: <https://1prime.ru/transport/20230726/841193677.html> (дата обращения: 14.11.2023).
 11. Первый в России капсульный вокзал открыли в Екатеринбурге // Gudok.ru: транспортный портал. URL: <https://www.gudok.ru/news/?ID=1641924> (дата обращения: 14.11.2023).
 12. Годовой отчет ОАО «РЖД» — 2022 // ОАО «РЖД»: официальный сайт. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9471> (дата обращения: 14.11.2023).
 13. О проекте МЦД // Московский транспорт. URL: <https://transport.mos.ru/mcd/about> (дата обращения: 14.11.2023).
9. A third pair of «Eagles» will be added between Yekaterinburg and Chelyabinsk // Kommersant. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6319594> (accessed: 11/14/2023).
 10. Russia's first capsule train station has opened in Yekaterinburg. URL: <https://1prime.ru/transport/20230726/841193677.html> (accessed: 11/14/2023).
 11. The first capsule train station in Russia was opened in Yekaterinburg // Gudok.ru: transport portal. URL: <https://www.gudok.ru/news/?ID=1641924> (accessed: 14.11.2023).
 12. Annual report of JSC «Russian Railways» — 2022 // JSC «Russian Railways»: official website. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9471> (accessed: 14.11.2023).
 13. About the IDC project // Moscow transport. URL: <https://transport.mos.ru/mcd/about> (accessed 14.11.2023).



Дмитрий Германович Неволин

Dmitry G. Nevolin



Алексей Алексеевич Цариков

Aleksey A. Tsarikov



Виктор Григорьевич Бондаренко

Viktor G. Bondarenko



Игорь Георгиевич Сорогин

Igor G. Sorogin

Вопросы модернизации и замены трамвайных вагонов «Татра» в городах Российской Федерации

Issues of Modernization and tram cars “Tatra” replacement in the cities of Russian Federation

Аннотация

В статье рассмотрены основные варианты модернизации трамвайных вагонов «Татра-3», которые в настоящее время являются самыми распространенными в мире. Авторами предложен вариант производства новых полностью низкопольных трамвайных вагонов, стилизованных под вагоны «Татра-3».

Ключевые слова: городские пассажирские перевозки, трамвай «Татра», конструкция подвижного состава.

Abstract

The article considers the main variants of the modernization of tram cars “Tatra-3” which are the most widespread throughout the world at present. The authors suggest a variant of the production of new fully low-floor tram cars stylized as “Tatra-3” cars.

Keywords: urban passenger transportations, “Tatra” tram, rolling-stock design.

Авторы Authors

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

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

Введение

В советский период многие вопросы развития народного хозяйства регулировал Государственный плановый комитет Совета Министров СССР. Проблемы развития городского пассажирского транспорта также попадали в поле деятельности Госплана. В Советском Союзе старались создавать крупные заводы, которые производили продукцию на всю страну, а в некоторых случаях на все страны соцлагеря. Именно по этой причине вагоны КТМ-5 Усть-Катавского вагоностроительного завода, а также вагоны «Татра-3» чехословацкого предприятия ЧКД считаются наиболее массовыми трамваями. Примечательно, что вагоны «Татра-3» оказались более удачными, чем КТМ-5, поэтому они до сих пор эксплуатируются в более чем двадцати городах мира.

Процесс списания вагонов «Татра-3» в ведущих трамвайных системах России

Трамвайные вагоны «Татра-3» были спроектированы в 1960 г., их серийное производство началось в 1962 г. и продолжалось вплоть до 1999 г. В города Советского Союза эти вагоны начали поставляться в начале 70-х гг. XX века. Поскольку вагоны приобретались за валюту, для их получения трамвайным хозяйствам приходилось конкурировать между собой. Поэтому чешские вагоны получали наиболее эффективные трамвайные системы больших городов — Свердловска, Москвы, Куйбышева, Барнаула, Ижевска и других.

В начале 1990-х гг. закупка трамвайных вагонов «Татра-3» Советским Союзом полностью прекратилась, трамвайные хозяйства продолжили эксплуатацию действующих вагонов. При этом Екатеринбург явля-

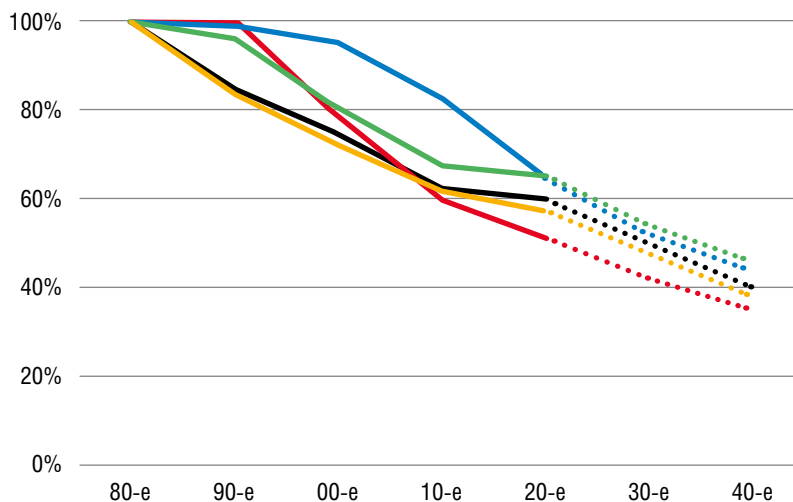


Рис. 1. Процесс вывода из эксплуатации трамвайных вагонов «Татра-3» в ряде городов России:

— Екатеринбург; — Самара; — Барнаул; — Прага; — Ижевск

ется лидером по количеству эксплуатируемых вагонов марки Т-3 после самой Праги.

Первоначально амортизационный срок службы трамвайных вагонов «Татра-3» был установлен заводом-изготовителем в размере 18 лет при пробеге 1120 тыс. км [1]. Однако конструкция вагона оказалась настолько крепкой, что до сих пор в эксплуатации находятся вагоны 1963 г. (Прага). В Екатеринбурге сейчас эксплуатируются два вагона 1972 года выпуска.

Несмотря на высокую износостойкость, процесс старения вагонов остановить нельзя. На рис. 1 представлена диаграмма вывода из эксплуатации вагонов «Татра-3» в наиболее эффективных трамвайных хозяйствах России.

Как показали исследования, процесс выбытия вагонов, начавшийся в конце 1980-х гг., продолжается до сих пор. Если взять за 100 % количество вагонов на конец 1980-х гг., то к 2020 г. в разных городах их количество снизилось на 20–40 %. Екатеринбург, лишившийся «подпитки» из Чехии, организовал собственное производство вагонов «Спектр», которые должны были заменить вагоны «Татра-3».

Как видно из рис. 1, сокращение вагонов «Татра» наблюдается и в Праге. Процесс обновления идет, но не-

достаточно быстро, поэтому в Чехии предпочитают проводить капитально-восстановительный ремонт и модернизацию вагонов. Прогнозирование ситуации показывает, что к середине XXI века при надлежащем ремонте доля вагонов «Татра-3» в лучших трамвайных системах составит 30–40 %.

Историческая ценность трамвайных вагонов «Татра-3»

Несмотря на удачную конструкцию, в вагонах «Татра-3» имеется ряд недостатков, которые препятствуют их дальнейшей эксплуатации. В первую очередь это высокий пол салона, который не отвечает современным требованиям по обслуживанию маломобильных групп населения [2, 3]. Современные трамвайные вагоны, выпускаемые в России, в большинстве случаев имеют 100%-й низкий пол. Исключение составляют старые модели с 40%-м низким полом в середине салона. Еще одним недостатком вагона являются окна, через которые не видно улицу стоящим пассажирам. Электрооборудование и система управления также устарели и не могут конкурировать с современными конструкциями.



Рис. 2. Внешний вид трамвайного вагона Tatra T3R.PLF (модернизация с низким полом в середине вагона)

Одновременно с этим более чем 50-летняя эксплуатация вагонов «Татра-3» позволила им создать оригинальный образ города. Чешские трамваи сегодня — это своего рода историческая ценность, которая исчезнет одновременно с уходом старых трамвайных вагонов. Первыми это заметили жители и туристы европейских городов, поэтому в Европе наряду с новыми трамваями можно увидеть множество старинных вагонов, как экскурсионных, так и линейных, которые продолжают перевозку пассажиров в штатном режиме.

Учитывая вышесказанное, авторы предлагают продолжить эксплуатацию вагонов «Татра-3» в Екатеринбурге, Самаре, Ижевске, Барнауле и других городах России. Однако для продолжения эксплуатации необходимо провести модернизацию вагонов.

Обзор вариантов модернизации вагонов

Широкое распространение вагонов «Татра-3» привело к появлению множества вариантов модернизации с разной глубиной и стоимостью работ. При этом вопросы модернизации трамвайных вагонов и инфраструктуры периодически рассматриваются в научной литературе [4, 5].

Вариант 1. Наиболее простой вариант, предусматривает установку тиристорно-импульсной системы управления (ТИСУ), замену электрооборудования и проводов. Внутри салона заменяются пассажирские сиденья, устанавливаются новые воздушно-калориферные отопители, автоинформатор, электронное табло. Подобная модернизация проводилась в Москве, Бар-

науле, Праге и других городах Европы. Вариант предусматривает минимизацию затрат на модернизацию вагона и позволяет снизить затраты электроэнергии до 40 %, но остаются такие недостатки, как высокий пол, узкие стекла.

Вариант 2. Предполагает внесение минимальных изменений в конструкцию вагона. Из положительных качеств необходимо отметить низкий пол в середине вагона. По такой схеме модернизации вагонов пошли транспортные предприятия Праги, новый вагон получил обозначение Tatra T3R.PLF (рис. 2). Для обслуживания маломобильных групп граждан вагоны данной модификации соединяли с высокопольными вагонами «Татра-3», чтобы иметь в составе хотя бы один вагон с одной низкой дверью. Модернизация вагонов по этому варианту достаточно интересна и может отличаться по перечню выполняемых работ. В минимальном варианте модернизируется электрооборудование, иногда устанавливаются новые тележки, в некоторых случаях используют новые марки пантографов.

Вариант 3. Предложен предприятием Pars Nova (Чехия) и заключается в использовании двух старых вагонов «Татра-3» и новой низкопольной промежуточной вставки между ними (рис. 3). У одного вагона срезается передняя часть кузова, у второго — задняя. Низкопольная вставка устанавливается на переднюю и заднюю части старых вагонов, в результате появляется новый трехсекционный вагон. Подобные вагоны длиной более 30 м используются на скоростных линиях в Киеве, Волгограде и Кривом Роге. Один вагон силами Московского трамвайно-ремонтного завода был построен в Москве. Данный вид модернизации предусматривает различные варианты: модели K2S, K3R-NT, K3R-N, KT8-N2, SATRA II, SATRA III.

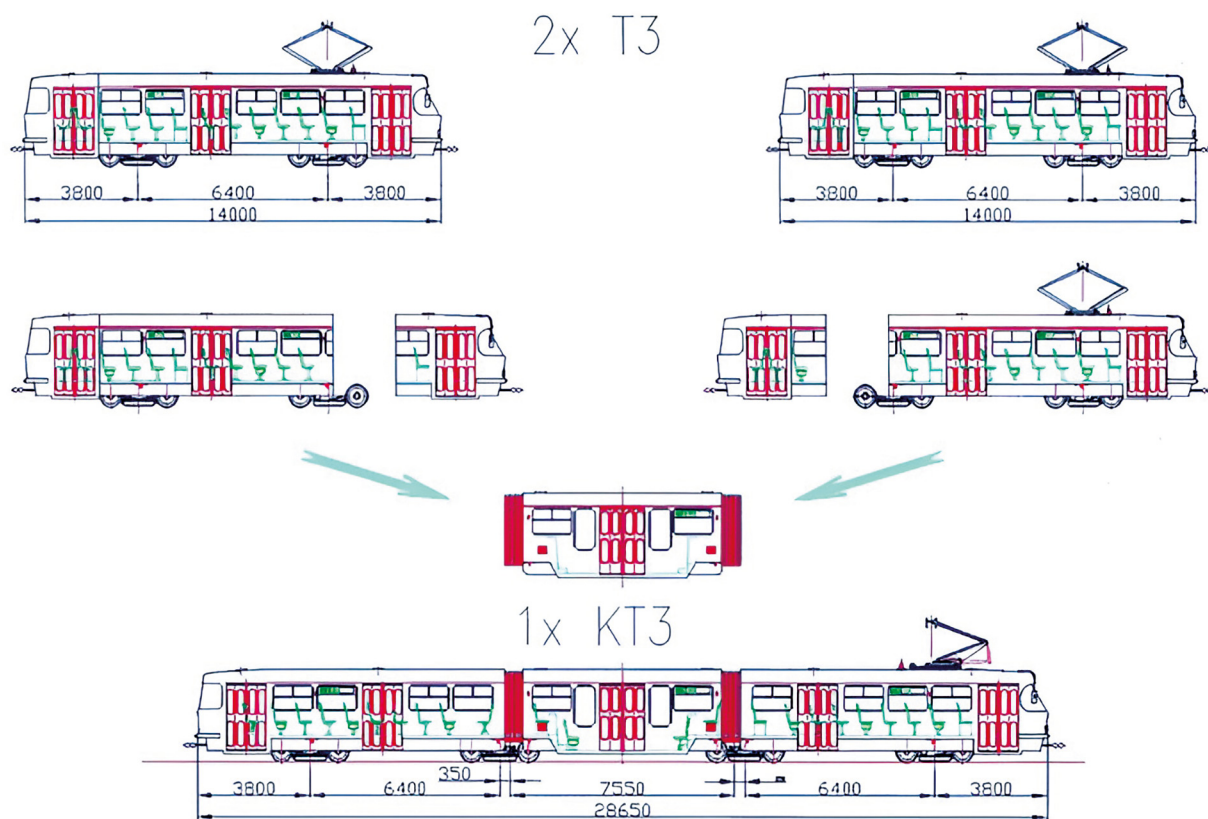


Рис. 3. Схема модернизации вагонов Т-3 в вагон КТ-3R

Вариант 4. Предложен компаниями Pragoimex a.s и Krnovské opravny a strojírny, s.r.o., предполагает не только замену агрегатов, но и изменение внешнего вида вагона. Вариант Vario LF предусматривает удлинение вагона на 1,1 м по сравнению с кузовом вагона «Татра-3», а также обновленный внешний вид. На модернизированные вагоны марки Vario LF устанавливаются три двери прислонно-раздвижного типа, при этом каждая дверь состоит из двух стоек, а не из четырех, как на оригинальном вагоне. Управление приводом вагона перенесли на крышу (рис. 4), кроме того, был установлен новый тип пантографов. В результате модернизации оригинальные вагоны «Татра-3» полностью изменили свой внешний вид. При этом стоимость вагона при покупке его с завода составляет 1 миллион долларов. Это в 1,5 раза дороже, чем новые российские 100 % низкопольные трамвайные вагоны.

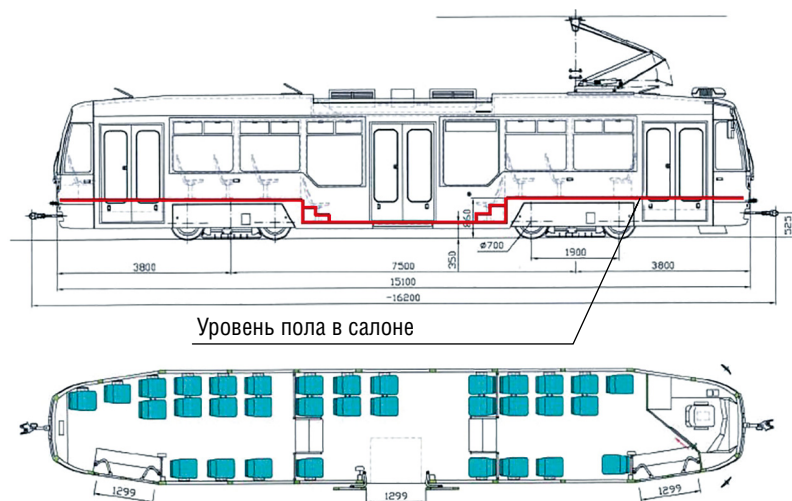


Рис. 4. Схема салона вагона «Татра-3», модернизированного в вагон Vario LF

Вариант 5. Сочетает в себе изменение внешнего дизайна вагона, а также объединение в двух-, трехсекционные поезда и более. Использование в вагонах Vario LF трамвайных тележек старого образца не позволило создать в салоне 100 % низкий пол. Однако разработчики поста-

рались сделать его там, где это возможно, т.е. между тележками вагона (рис. 5, 6).

Глубокая модернизация трамваев «Татра-3», предложенная компанией Pragoimex, позволила создать из старых вагонов действительно современные поезда. Однако затраты

при такой форме модернизации настолько велики, что она становится экономически неэффективной.

Анализ вариантов показывает, что модернизация дает возможность продлить срок службы трамвайных вагонов «Татра-3» и устранить ряд недостатков. Тем не менее любые конструктивные улучшения вагона «Татра-3» не позволяют достичь уровня удобства современных низкопольных вагонов [6, 7]. В табл. 1 представлены обобщенные данные о модернизации вагонов «Татра-3».

Как видно из табл. 1, для городов России наиболее предпочтительными являются первый и второй варианты модернизации. Эти варианты наиболее простые и менее затратные. Кроме того, они позволяют сохранить исторический, изначальный внешний вид трамваев. Поскольку модернизация по вариантам 1 и 2 наиболее проста, ее можно проводить не только на вагоноремонтных заводах, но и собственными силами трамвайных предприятий.

Варианты 4 и 5 сложнее с точки зрения технического исполнения. Внешний вид вагона меняется, а значит, необходимо изготовление



Рис. 5. Внешний вид трамвайного вагона Vario LF2

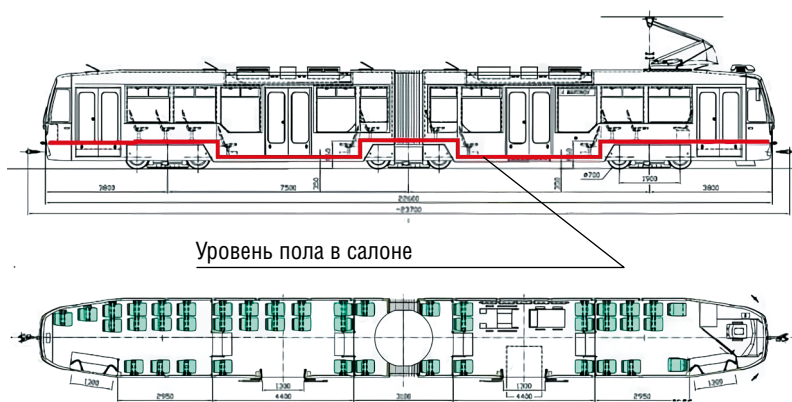


Рис. 6. Схема салона вагона Vario LF2

Таблица 1

Конструктивные изменения вагона «Татра-3» при разных вариантах модернизации

Вариант	Описание	Предполагаемое место модернизации	Ориентировочная стоимость
1	Замена оборудования без изменения внешнего вида вагона	Вагоноремонтный завод или вагоноремонтные мастерские предприятия	15 млн руб.
2	Замена оборудования без изменения внешнего вида вагона. Устройство низкопольной площадки в середине вагона	Вагоноремонтный завод или вагоноремонтные мастерские предприятия	24,5 млн рублей
3	Замена оборудования без изменения внешнего вида вагона. Вставка новой низкопольной секции	Вагоноремонтный завод или вагоноремонтные мастерские предприятия	36 млн руб.*/ 60 млн руб.**
4	Замена оборудования, изменение внешнего вида вагона. Устройство низкопольной площадки в середине вагона	Вагоноремонтный завод	80 млн руб.
5	Замена оборудования, изменение внешнего вида вагона. Устройство низкопольных площадок. Увеличение количества секций у вагона	Вагоноремонтный завод	от 120 млн руб.

*Использование двух собственных старых вагонов «Татра-3».

**Покупка нового, модернизированного вагона.

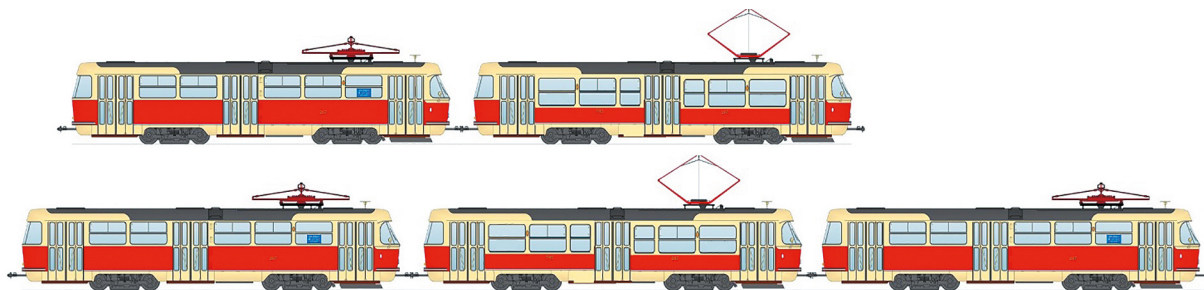


Рис. 7. Схема использования трамвайных вагонов «Татра-3» с новыми полностью низкопольными вагонами в составе поезда

новых частей по оригинальным чертежам — без сотрудничества с компанией Pragoimex это практически невозможно.

Одновременно с этим авторами предлагается еще один вариант продления срока службы трамваев «Татра-3», предусматривающий модернизацию вагонов по варианту 1, а также производство новых полностью низкопольных трамвайных вагонов, стилизованных под вагоны «Татра-3». В частности, предполагается использование трамвайных поездов, состоящих из 2–3 вагонов, один из которых полностью новый и низкополь-

ный (рис. 7). Производство новых вагонов, стилизованных под трамваи «Татра-3», можно организовать на заводе «Уралтрансмаш» в Екатеринбурге. При этом опыт разработки ретро-трамваев у завода имеется.

Выводы

В заключение необходимо отметить, что для облегчения процесса модернизации нужна унифицированная техническая документация, которая позволит любому трамвайному предприятию России прово-

дить работы по модернизации своими силами. Кроме того, необходима федеральная поддержка данного проекта на законодательном уровне: предлагается предусмотреть федеральное софинансирование в размере 50–70 % на модернизацию старых трамвайных вагонов, в том числе «Татра-3». Аналогичные предложения должны касаться и новых трамваев, стилизованных под вагоны «Татра-3». Финансовая поддержка государства позволит равномерно загрузить производство трамвайных заводов, а также ускорить процесс обновления вагонов и их модернизацию. **ИТ**

Список литературы

1. Иванов М. Д., Пономарев А. А., Иеропольский Б. К. Трамвайные вагоны Т-3. М.: Транспорт, 1977. 240 с.
2. СП 59.13330.2020. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573659328>.
3. ГОСТ Р 51090–2017. Средства общественного пассажирского транспорта. Общие технические требования доступности и безопасности для инвалидов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200156994>.
4. Оленцевич В. А., Манишина Е. А. Вопросы эффективности модернизации трамвайного парка // Молодая наука Сибири. 2023. № 2 (20). URL: <https://ojs.irgups.ru/index.php/mns/article/view/1344>.
5. Комаров Т. А., Федоров В. П. Анализ целесообразности капитально-восстановительного ремонта и модернизации трамвайных вагонов // Техник транспорта: образование и практика. 2021. Т. 2, № 3. С. 317–326. URL: <https://doi.org/10.46684/10.46684/2687-1033.2021.3.317-326>.
6. Воробьев А. А., Бudyukin A. M., Кондратенко В. Г. Анализ современных технических решений, применяемых в конструкциях низкопольных трамвайных вагонов // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2021. Т. 18, № 1. С. 1–15. DOI: 10.20295/1815-588X-2021-1-7-15
7. Воробьев А. А., Бudyukin A. M., Кондратенко В. Г., Каримов Д. Д. угли. Эволюция конструкции подвижного состава легкорельсового транспорта в Санкт-Петербурге // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2020. Т. 17, № 1. С. 62–70. DOI: 10.20295/1815-588X-2020-1-62-70.

References

1. Ivanov M. D., Ponomarev A. A., Ieropolsky B. K. Tram cars T-3. Moscow: Transport, 1977. 240 p.
2. SP 59.13330.2020. Accessibility of buildings and structures for low-mobility groups of the population. Updated version of SNiP 35-01-2001. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573659328>.
3. GOST R 51090–2017. Means of public passenger transport. General technical requirements for accessibility and safety for the disabled. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200156994>.
4. Olenetsevich V. A., Manishina E. A. Questions of the effectiveness of modernization of the tram fleet // Molodaya nauka Sibiri. 2023. № 2 (20). URL: <https://ojs.irgups.ru/index.php/mns/article/view/1344>.
5. Komarov T. A., Fedorov V. P. Analysis of the feasibility of capital repair and modernization of tram cars // Technik transport: education and practice. 2021. Vol. 2, No. 3. P. 317–326. URL: <https://doi.org/10.46684/10.46684/2687-1033.2021.3.317-326>.
6. Vorobyov A. A., Budyukin A. M., Kondratenko V. G. Analysis of modern technical solutions used in the designs of low-floor tram cars // Izvestia of the St. Petersburg University of Railways. 2021. Vol. 18, No. 1. P. 1–15. DOI: 10.20295/1815-588X-2021-1-7-15.
7. Vorobyev A. A., Budyukin A. M., Kondratenko V. G., Karimov D. D. ugli. Evolution of the design of the rolling stock of light rail transport in St. Petersburg // Izvestia of the St. Petersburg University of Railways. 2020. Vol. 17, No. 1. P. 62–70. DOI: 10.20295/1815-588X-2020-1-62-70.



Валерий Михайлович
Самуйлов

Valery M. Samuilov



Максим Андреевич
Серета

Maksim A. Sereda

Создание единого транспортно-логистического каркаса в России в рамках проекта «Один пояс, один путь»

The Creation of a Unified Transport and Logistics Framework in Russia within the Project “One Belt, One Way”

Аннотация

В статье рассматриваются новые и перспективные транспортные коридоры между Россией и Китаем, входящие в проект «Один пояс, один путь», образующие единый транспортно-логистический каркас страны.

Ключевые слова: транспортно-логистический каркас, международные транспортные коридоры, проект «Один пояс, один путь».

Abstract

The article considers new and perspective transport corridors between Russia and China within the project “One belt, one way” forming a unified transport and logistics framework of the country.

Keywords: transport and logistics framework, international transport corridors, project “One belt, one way”.

Авторы Authors

Валерий Михайлович Самуйлов, д-р техн. наук, действительный член РАН, профессор кафедры «Мировая экономика и логистика», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: samuilov-sv@convex.ru | **Максим Андреевич Серета**, студент электротехнического факультета, Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Valery M. Samuilov, Doctor of Technical Sciences, Full Member of the Russian Academy of Sciences, Professor of “World Economy and Logistics” Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: samuilov-sv@convex.ru | **Maksim A. Sereda**, student of the Faculty of Electrical Engineering, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg



Рис. 1. Проект «Один пояс, один путь»

Российская Федерация обладает огромным транспортным потенциалом, но, несмотря на это, существует необходимость улучшения транспортной инфраструктуры и создания единого транспортно-логистического каркаса с помощью новых международных транспортных коридоров, проходящих через территорию РФ.

Единый транспортно-логистический каркас — система взаимосвязанных международных транспортных коридоров и логистических инфраструктурных объектов. Он предназначен для обеспечения эффективного перемещения людей, товаров и услуг, включает в себя автомобильные и железные дороги, аэропорты, морские, речные порты, а также логистические центры и терминалы.

Проект «Один пояс, один путь»

18 октября 2023 г. Президент Российской Федерации выступил в Пекине на церемонии открытия третьего Международного форума «Один пояс, один путь». «Мы неоднократно отмечали, — заявил В. В. Путин, — что Россия и Китай, как и большинство государств мира, разделяют стремление к равноправному, взаимовыгодному сотрудничеству в целях достижения всеобщего устойчивого и долгосрочного экономического прогресса и социального благополучия... Выстраиваемая на таких базовых принципах инициатива «Один пояс, один путь» хорошо стыкуется с развивающимися в различ-

ных регионах интеграционными процессами. Она созвучна и российским идеям по созданию такого интеграционного контура, где бы в полной мере обеспечивалась свобода торговли, инвестиций, труда, была бы налажена взаимосвязанная инфраструктура» [1].

В основную повестку форума были включены вопросы:

1. Формирование международного коридора «Север — Юг», связывающего российские порты на Балтике и в Арктике с портами на побережье Персидского залива и Индийского океана.
2. Создание нового транспортного меридиана через Урало-Сибирский регион [2].
3. Строительство Северного широтного хода [3] — железнодорожной ветки с выходом к портам Северного Ледовитого океана и полуострова Ямал на севере Красноярского края, а также новой Северо-Сибирской железнодорожной магистрали от Ханты-Мансийского автономного округа до ее стыковки с Транссибом и Байкало-Амурской магистралью.

Проект «Один пояс, один путь» является инициативой Китайской Народной Республики. Проект был запущен в 2013 г., предполагает развитие транспортных, торговых, инфраструктурных и культурных связей между Китаем и другими странами Азии, Европы, Африки и рассматривается как один из самых крупных и влиятельных проектов в области геополитики, экономики и социально-экономического развития (рис. 1) [4].



Рис. 2. Международное сотрудничество в рамках проекта «Один пояс, один путь»*

Основная цель проекта заключается в создании связей и установлении сотрудничества между странами, которые непосредственно заинтересованы в нем. Большое внимание уделяется государствам, которые находятся по обе стороны пути: от Восточного Китая до Европы и от Китая до Африки и Азии. Основные сферы сотрудничества включают инфраструктуру, транспорт, торговлю, инвестиции, энергетику, туризм и культурный обмен. В основе проекта лежат соглашения между правительствами участвующих стран для развития инфраструктуры и создания новых транспортных путей: автомобильных и железных дорог, портов, аэропортов (рис. 2).

Основные задачи проекта «Один пояс, один путь»:

- усиление региональной экономической интеграции;

- строительство единой трансазиатской транспортной инфраструктуры;
- ликвидация инвестиционных и торговых барьеров;
- повышение роли национальных валют;
- углубление сотрудничества в гуманитарной сфере.

Проект также предполагает расширение таможенного сотрудничества, расширение сферы финансовых операций между странами и создание финансовых институтов, аффилированных со странами различных региональных организаций (ШОС, БРИКС). Развитие гуманитарных связей создаст благоприятные условия для обменов в культурной и научной сфере.

Для России важным аспектом данного проекта выступает разработка принципиально новых междуна-

*Инфографика с сайта <https://rus.yidaiyilu.gov.cn>

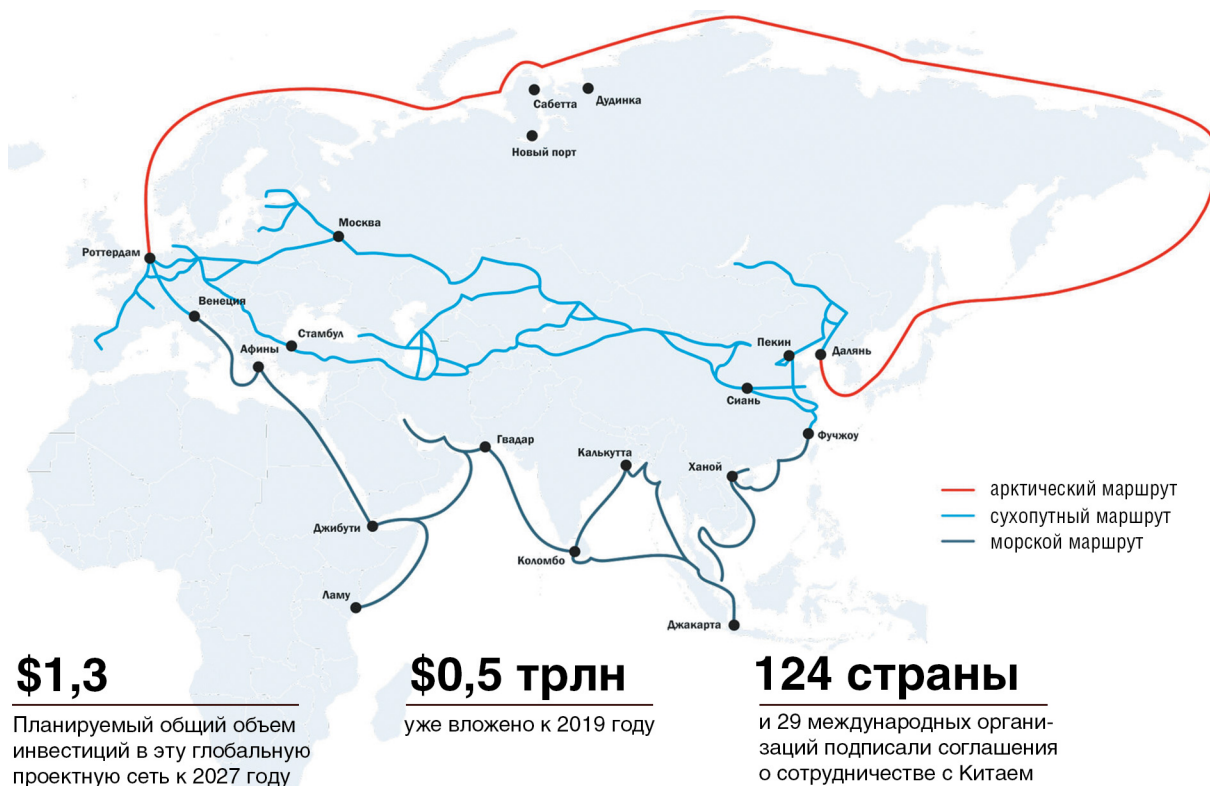


Рис. 3. Сеть перспективных транспортных коридоров

родных транспортных коридоров, которые становятся все более популярными и играют важную роль в развитии торговли и экономического сотрудничества с Китаем (рис. 3) [5].

Характеристика основных международных транспортных коридоров

- Железнодорожный коридор «Европа — Западный Китай».

Маршрут проходит через территорию России, Казахстана, Узбекистана и Китая. Он обеспечивает связь между столицами и крупными городами на этом пути и предлагает стабильное и эффективное транспортное соединение между Россией и Китаем.

- Коридор «Белый морской путь».

Является новым направлением, которое было инициировано для сокращения времени доставки грузов между Азией и Европой. Маршрут проходит через Россию, начиная от портов на Белом море и доходя до Китая. Он предлагает альтернативу морскому пути через Суэцкий канал и Индийский океан, что позволяет значительно сократить время доставки груза.

- Железнодорожный коридор «Сибирь — Восток».

Проходит через Россию от Сибири до Дальнего Востока, а затем в Китай. Коридор предлагает прямое соединение между двумя крупнейшими регионами Китая — Северо-Восточным и Южным.

- Морской транспортный коридор «Северный морской путь» [6].

Проходит через Арктику, начиная от портов в Северо-Западной части России до Китая. В 2024 г. планируются круглогодичные морские перевозки по Северному морскому пути. Этот коридор предлагает сокращение времени доставки грузов между двумя странами, так как позволяет избежать проливов и сухопутных маршрутов через территорию других стран.

Преимущества создания единого транспортно-логистического каркаса России

1. Оптимизация процессов позволяет объединить различные этапы логистической цепочки и сократить количество промежуточных звеньев, что упрощает управление, повышает эффективность и снижает затраты на логистику.

2. Улучшение координации способствует оптимальному взаимодействию между разными участниками ло-

Проблемы реализации проекта «Один пояс, один путь»

	Проблема	Описание
1	Экологическая угроза	Инфраструктурные проекты — это масштабные работы, требующие использования природных ресурсов и изменения природных ландшафтов. Они могут привести к серьезным экологическим последствиям, включая увеличение выбросов парниковых газов, разрушение природных экосистем и снижение биоразнообразия
2	Зависимость и долговая нагрузка	Многие страны, принимающие участие в проекте, ссужают крупные суммы денег у Китая для финансирования инфраструктурных работ. Однако со временем они могут оказаться в долговой зависимости от Китая и столкнуться с серьезными проблемами в погашении своих долгов
3	Несовершенство проектных работ	В связи с необходимостью за ограниченное время реализовать множество проектов существует риск низкого качества строительных и инженерных работ
4	Геополитические проблемы	Проект вызывает опасения у некоторых стран относительно геополитического доминирования Китая в регионе
5	Неравенство и несправедливость в распределении выгод от проекта	Существуют опасения, что коррупция и недостаток прозрачности могут привести к тому, что большая часть пользы от проекта уйдет в руки небольшой элиты, в то время как обычные граждане получают незначительную выгоду
6	Потеря культурного разнообразия и вымирание традиций	Существует опасность потери местного культурного разнообразия и вымирания уникальных традиций и языков в результате реализации проекта

гистической сети (поставщики, производители, транспортные компании и т.д.), а значит, повышает скорость и точность доставки товаров, что дает возможность оперативно реагировать на изменения внешней среды.

3. Увеличение гибкости создает предпосылки быстрого реагирования на изменения спроса, сезонные колебания и другие факторы, которые могут негативно повлиять на работу логистической сети.

4. Снижение затрат позволяет сократить издержки на транспортировку, хранение, управление запасами, благодаря оптимизации логистических процессов и использованию современных информационных технологий. Это положительно повлияет на конкурентоспособность российских компаний на рынке.

5. Улучшение качества обслуживания сокращает время доставки товаров, способствует укреплению репутации компаний и удовлетворенности клиентов.

Проект «Один пояс, один путь» вызвал активные дебаты в международном сообществе. Помимо положительных моментов, проект может привести к появлению ряда проблем, которые требуют проработки (табл. 1).

Выводы

Проект «Один пояс, один путь» является значимой инициативой для России. Он представляет собой план развития торгово-экономических и инфраструктурных связей между Россией и странами Евро-Азиатского региона, ориентирован на улучшение торгового сотрудничества, экономического развития и инфраструктурных связей между странами. Один из ключевых аспектов проекта — создание экономической зоны, охватывающей более 60 стран и 4,6 миллиарда человек.

Единый транспортно-логистический каркас, объединяющий сеть перспективных транспортных коридоров в рамках проекта «Один пояс, один путь», позволит России укрепить свою экономическую позицию в регионе, повысить конкурентоспособность компаний, расширить сотрудничество со странами Евро-Азиатского региона, упрочить политические и дипломатические связи между Россией и другими участниками исторического Шелкового пути. **ИТ**

Список литературы

1. Международный форум «Один пояс, один путь» // Администрация Президента России : официальный сайт. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/72528> (дата обращения: 14.11.2023).
2. Богусевич С. А., Самуйлов В. М., Неволин Д. Г., Леушин В. А. Скоростная автомобильная дорога М-12 Москва — Тюмень: перспективы и этапы строительства // Инновационный транспорт. 2022. № 1 (43). С. 3–7. ISSN 2311-164X.
3. Самуйлов В. М., Ткачева Т. Н., Леушин В. А., Ракитина К. А., Гребенщикова В. А. Перспективы строительства железнодорожного Северного широтного хода // Инновационный транспорт. 2022. № 2 (44). С. 15–19. ISSN 2311-164X.
4. «Один пояс — один путь»: что нужно знать о проекте // Коммерсантъ. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6282836> (дата обращения: 14.11.2023).
5. Китайский «Один пояс — один путь»: с Россией или в обход? // Дзен. URL: <https://dzen.ru/a/ZGnTkcsnF1jb323X> (дата обращения: 14.11.2023).
6. Самуйлов В. М., Серов К. Д., Каргапольцева Т. А. Перспективы развития Северного морского пути как международной транзитной магистрали // Инновационный транспорт. 2019. № 4 (34). С. 10–13. ISSN 2311-164X.

References

1. International Forum “One Belt, one Way” // Administration of the President of Russia : official website. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/72528> (date of application: 11/14/2023).
2. Bogushevich S. A., Samuilov V. M., Nevolin D. G., Leushin V. A. High-speed highway M-12 Moscow – Tyumen: prospects and stages of construction // Innotrans. 2022. No. 1 (43). P. 3–7. ISSN 2311-164X.
3. Samuilov V. M., Tkacheva T. N., Leushin V. A., Rakitina K. A., Grebenshchikova V. A. Prospects for the construction of the Northern latitudinal railway // Innotrans. 2022. No. 2 (44). P. 15–19. ISSN 2311-164X.
4. “One Belt — one Way”: what you need to know about the project // Kommersant. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6282836> (date of application: 11/14/2023).
5. Chinese “One Belt – one Way”: with Russia or bypassing it? // Dzen. URL: <https://dzen.ru/a/ZGnTkcsnF1jb323X> (date of application: 14.11.2023).
6. Samuilov V. M., Serov K. D., Kargapoltseva T. A. Prospects for the development of the Northern Sea Route as an international transit highway // Innotrans. 2019. No. 4 (34). P. 10–13. ISSN 2311-164X.

Проход Сергейч
Нестеренко

Prokhor S. Nesterenko

Анна Владимировна
Вохмянина

Anna V. Vokhmyanina

Современные ERP-системы как инструмент организации производства

Up-to-Date ERP Systems as a Production Organization Instrument

Аннотация

В статье рассмотрено использование системы планирования ресурсов предприятия (ERP) в качестве инструмента для эффективной организации работы предприятий. Отмечены плюсы и минусы ERP-систем, функциональные особенности. Проанализированы данные по внедрению ERP-системы, а также проблемы, связанные с ее внедрением и использованием.

Ключевые слова: планирование общеорганизационных ресурсов (ERP), ERP-система, автоматизация, производственные процессы, повышение эффективности.

Abstract

The article considers the use of the system of an enterprise resource planning (ERP) as an instrument for the effective organization of enterprises work. Pros and cons of ERP systems, functional peculiarities are emphasized. The data of ERP systems implementation are analyzed, as well as the problems associated with its implementation and use.

Keywords: enterprise resource planning (ERP), ERP system, automotization, production processes, efficiency increase.

Авторы Authors

Проход Сергейч Нестеренко, аспирант, Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Анна Владимировна Вохмянина, канд. техн. наук, доцент кафедры «Мировая экономика и логистика», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Prokhor S. Nesterenko, postgraduate student, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | Anna V. Vokhmyanina, candidate of technical sciences, associate professor of the chair "World Economics and Logistics", Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg

ERP-система: понятие, стратегия, назначение, функции

ERP-система (от англ. Enterprise Resource Planning — «планирование общеорганизационных ресурсов») — это комплексное программное обеспечение, которое позволяет организациям управлять и автоматизировать основные бизнес-процессы в единой системе [1]. Комплекс состоит из интегрированного набора приложений или библиотек, которые управляют фронт-офисом (CRM, продажи, ввод заказов, выставление счетов), бэк-офисом (бухгалтерия, управление запасами) и средним офисом (SCM — система управления цепочками поставок, MRP — система планирования потребностей ресурсов). Программное обеспечение ERP предоставляет расширенные аналитические возможности, например прогностическую аналитику, которую можно использовать для получения информации о предпочтениях клиентов или тенденциях производительности с помощью отчетов, формируемых запросами из баз данных компании. Использование ERP-систем актуально во многих сферах: FMCG-секторе, производстве, финансовом секторе, госсекторе, строительстве, в том числе на предприятиях транспортной отрасли (ОАО «РЖД», «СДЕК», «Деловые линии» и т.п.) (рис. 1).

Основные цели внедрения ERP-систем:

- установить более прозрачные бизнес-процессы производства и взаимодействия сотрудников внутри компании;

- автоматизировать процесс производства, принятия решений и учета продукции предприятия/организации;
- оптимизировать использование ресурсов предприятия;
- повысить эффективность бизнес-процессов и качество обслуживания клиентов;
- увеличить темпы роста окупаемости и прибыли;
- пересмотреть ключевые метрики продуктов компании;
- найти точки роста компании;
- улучшить показатели метрик ROI/PnL;
- оптимизировать работу сотрудников с возможностью высвобождения и проведения ротации;
- получить глубинные аналитические данные;
- интегрировать инструменты работы сотрудников и оборудование с ПО.

Первый шаг к внедрению — подготовка технического задания, в котором излагаются задачи, цели, аудиты, карты, архитектура, бюджеты и сроки. Грамотное техническое задание позволяет определить процессы, требующие автоматизации, и показатели эффективности, которые нуждаются в улучшении. Команда на стороне заказчика должна включать в себя руководителя, а также начальников отделов и ИТ-специалистов.

Как только выбранное решение и его поставщик определены, необходимо составить план внедрения, учитывающий организационные цели, задачи, требования и возможности. Следует также провести финансовую оценку для анализа инвестиций, сбережений, а также

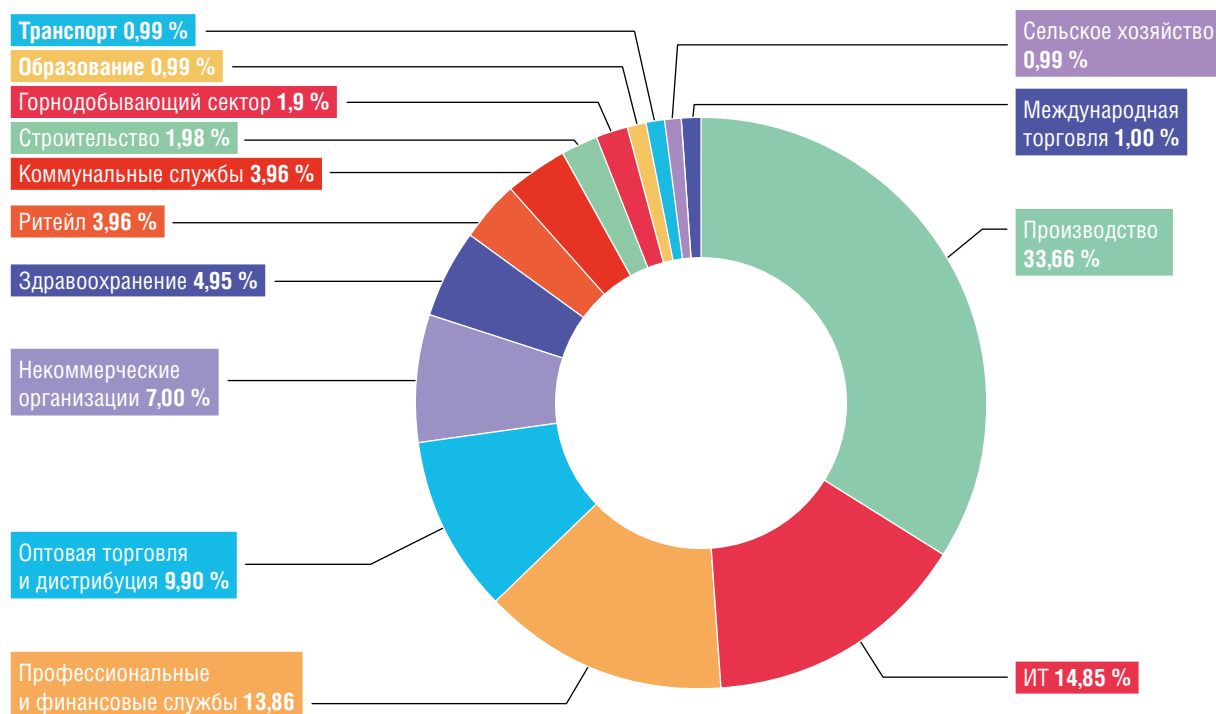


Рис. 1. Диаграмма распределения внедрения ERP-систем в РФ по отраслям*

*Данные предоставлены международной консалтинговой группой Panorama Consulting Solutions.

отдачи от инвестиций. Крайне важно обучить персонал новой системе, поскольку руководство часто сталкивается с сопротивлением со стороны пользователей, которые неохотно принимают изменения. После внедрения решения необходимо провести обучение персонала.

Преимущества ERP-систем

1. Экономия затрат.

Оптимизируя процессы за счет автоматизации, устраняя ошибки ручного ввода данных и сводя к минимуму бумажные транзакции, ERP-системы могут ежегодно экономить предприятиям тысячи операционных расходов. Компании также могут снизить затраты на хранение, сохраняя данные в электронном виде, а не в физических бумажных документах или картотеках. Кроме того, поскольку ERP-системы позволяют компаниям быстро и точно получать доступ к историческим данным из любой точки мира, это сводит к минимуму время, затрачиваемое на исследование и создание отчетов вручную, что в долгосрочной перспективе позволяет сэкономить больше средств.

2. Единое хранилище данных.

Системы ERP позволяют формировать единое хранилище данных, что устраняет необходимость передавать информацию от системы к системе. Доступность данных для персонала определяется его полномочиями, а интеграция и централизация данных различных подразделений обеспечивает системное видение происходящих бизнес-процессов и быстрый доступ к требуемой информации. Системы ERP также позволяют контролировать все важные бизнес-процессы организации по иерархической системе и синхронизировать их как последовательный и взаимосвязанный поток, передаваемый из подразделения в подразделение. При этом данные надежно защищены и архивируются [2].

Недостатки ERP-систем

1. Значительные капиталовложения.

Интеграция ERP-системы может быть очень дорогостоящей и потребовать значительных капиталовложений. Эти затраты, как правило, быстро не окупаются, поэтому важно сопоставить преимущества с высокой начальной стоимостью.

2. Сложность настройки и внедрения.

Настройка и внедрение ERP-системы может быть сложным процессом, требующим много времени, специальной подготовки персонала, а также дополнительных внешних консультационных услуг, которые увеличивают общую стоимость владения.

3. Потеря или повреждение данных.

Функционирование сложной системы всегда сопряжено с риском потери или повреждения данных при об-

новлении. Компании должны принимать меры предосторожности для обеспечения безопасности данных до начала любого процесса перехода или обновления, чтобы избежать простоев и негативных последствий для операций и безопасности клиентов

Особенности внедрения ERP-систем в организации

Внедрение информационной системы является инвестицией, которая позволяет оптимизировать бизнес-процессы, упростить организационную структуру и улучшить работу организационных процессов. Кроме того, использование ERP-систем значительно повышает функциональность в области сбора, анализа и управления информацией, что положительно влияет на деятельность организации [3].

Чтобы обеспечить успешную цифровую трансформацию, организациям следует оценить текущий объем операций, размер базы данных, совместимость с существующими системами бухгалтерского учета и программным обеспечением, а также то, нужен ли им полный функционал ERP-системы или достаточно более экономичного варианта [4].

При выборе системы и поставщиков ПО необходимо обратить внимание на принципы работы системы, методы ее внедрения и условия технической, информационной и сервисной поддержки. Также важно оценить текущие и будущие потребности, функциональность системы и затраты на ее приобретение и эксплуатацию.

Многие организации внедряют ERP-системы для улучшения своих бизнес-операций. Однако нередко новое ERP-решение функционирует так же неэффективно, как и предыдущая система, что приводит к неудовлетворенности.

Когда клиенты и компании обращаются за советом по выбору программного обеспечения, необходимо сначала определить возможности для улучшения процессов, прежде чем рассматривать возможность замены системы. Это крайне важно, поскольку внедрение новой системы не гарантирует улучшения бизнес-процессов, даже если организация модернизирует свои технологии.

После процесса внедрения 83 % организаций, которые сообщили о низкой вовлеченности сотрудников, отметили увеличение вовлеченности до среднего уровня. Это можно объяснить тем фактом, что сотрудникам требуется время, чтобы активно включиться в проект. Кроме того, важно иметь надлежащую структуру предприятия, ресурсы для поощрения участия ключевых сотрудников (рис. 2).

Большинство организаций, отказывающихся от устаревших систем собственной разработки, часто превышают свой бюджет по двум основным причинам:

Организация производства (транспорт)

расширение масштабов проекта и организационные проблемы. В частности, наиболее распространенной причиной является увеличение масштабов проекта, что может быть объяснено различными факторами (рис. 3).

В 2022 г. 53 % организаций успешно завершили внедрение ERP-системы в запланированные сроки, тогда как в 2021 г. этот показатель был ниже — 42 %, улучшение составило 11 %. Основными факторами, способствующими реализации в срок, являются сосредоточение внимания на эффективном управлении изменениями при внедрении системы и участие компетентных сотрудников со стороны заказчика. В среднем организации, которые уделяют приоритетное внимание управлению изменениями, как правило, преуспевают во внедрении своей ERP-системы.

Факторы, которые привели к превышению сроков, были аналогичны тем, которые привели к перерасходу бюджета, включая организационные проблемы, такие как неэффективное управление, сопротивление изменениям и частые пересмотры структуры процессов. Среди организаций, отказавшихся от своих предыдущих ERP-систем, основной причиной срыва сроков было расширение масштабов проекта (рис. 4).

Успешное внедрение ERP-системы требует не только определения приоритетов для людей и процессов, но и внимания к соблюдению сроков, эффективному управлению проектами и надлежащему планированию ресурсов. Пренебрежение этими важнейшими задачами до внедрения ERP может привести к задержкам или неполному внедрению.

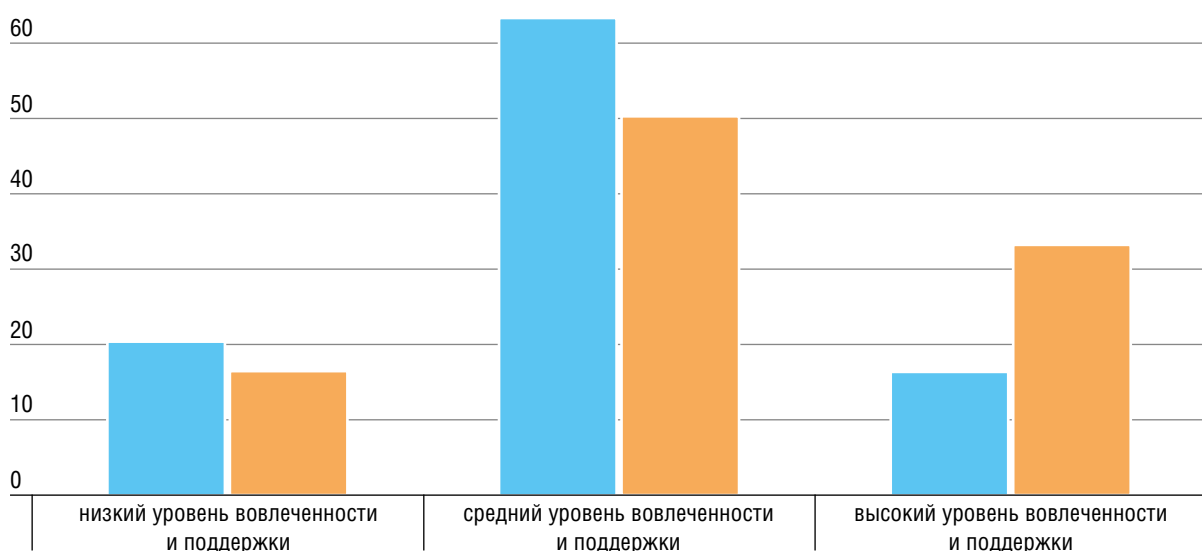


Рис. 2. Сравнительная динамика вовлечения сотрудников:

■ — до реализации проекта; ■ — после реализации проекта

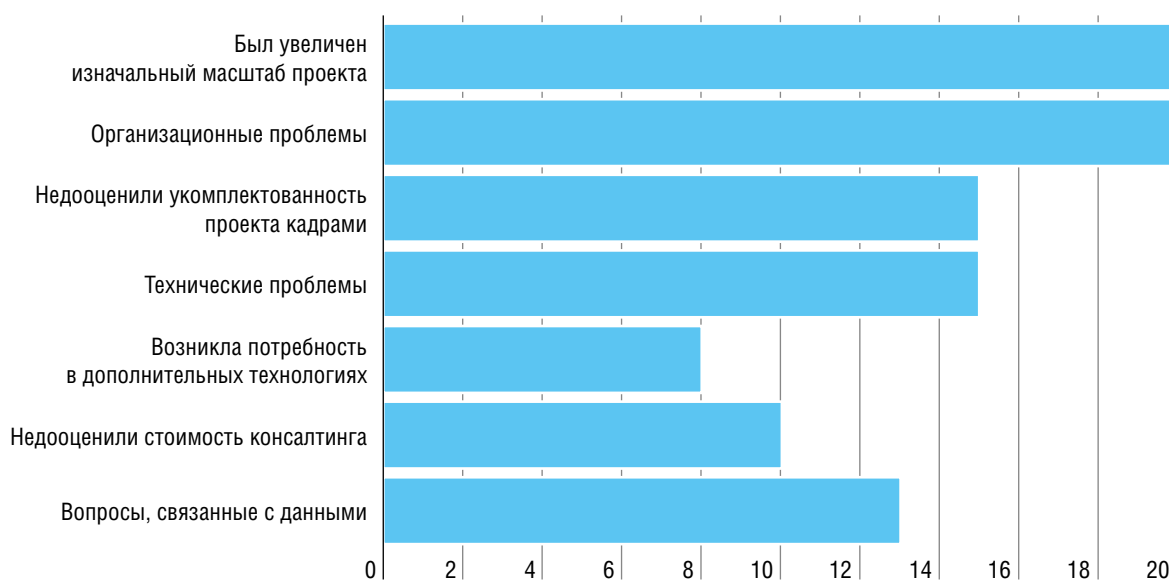


Рис. 3. Соотношение причин повышения бюджета проекта

Редкими становятся случаи, когда проекты превышают свои бюджеты. Более половины организаций, завершивших внедрение ERP, а именно 62 %, остались в рамках бюджета или потратили меньше средств. Этот процент увеличился на 7 % с 2021 г.

Для тех, чьи проекты превысили бюджет, среднее превышение составило 66 % от изначального бюджета. Это значительное увеличение по сравнению с показателем 2021 г. (24 %) может быть связано с тем, что в 2021 г. все больше организаций уделяли приоритетное внимание управлению бизнес-процессами, планированию.

По результатам реализации проектов внедрения ERP-систем был проведен сбор информации от заказчиков об уровне удовлетворенности использования системы и решения. Большая часть респондентов имеет положительное мнение (рис. 5).

Заключение

Внедрение и использование системы планирования общеорганизационных ресурсов ERP в настоящее время считается необходимым условием для успешного развития любой организации, независимо от структуры ее собственности, отрасли или местоположения. Значение таких информационных систем в стратегическом управлении трудно переоценить. Если ранее программное обеспечение ERP использовалось только для автоматизации бухгалтерских процессов, то теперь

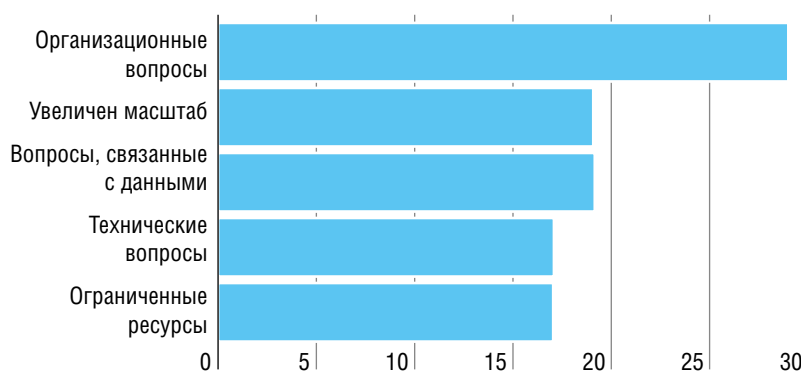


Рис. 4. Причины превышения сроков внедрения проекта

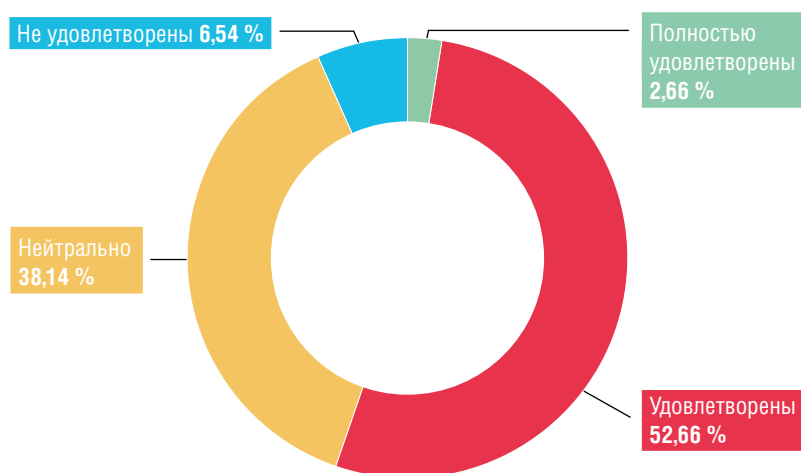


Рис. 5. Диаграмма удовлетворенности после внедрения ERP-системы

оно является незаменимым компонентом инфраструктуры компании, обеспечивающим основу для долгосрочного успеха.

Результаты исследования показали, что ERP-системы эффективны для бизнеса, помогают сократить время на выполнение бизнес-задач, оптимизировать затраты на производственные процессы и по-

высить качество продукции. Однако для более полной оценки эффективности внедрения ERP-систем необходимо провести детальное исследование конкретного предприятия, специфики его работы и текущей конъюнктуры, включающее в себя анализ экономических показателей и удобства использования системы для сотрудников. **ИТ**

Список литературы

1. Моделирование процессного управления транспортно-логистическими цепочками : учебное пособие / В.М. Самуйлов, С.В. Фирстов, В.В. Черных. Екатеринбург : УрГУПС, 2011. 155 с. ISBN 978-5-94614-191-8.
2. ERP-системы // KPMS. Менеджмент качества. URL: http://www.kpms.ru/Automatization/ERP_system.htm.
3. Ильин В. В. Внедрение ERP-систем: управление экономической эффективностью. М. : Интермедиа, 2018. 298 с.
4. Рыбаков А. ERP-система: что это, для чего внедрять и нужна ли вашей компании. URL: <https://m.habr.com/ru/post/523120>.

References

1. Modeling of process management of transport and logistics chains: textbook / V. M. Samoilov, S. V. Firstov, V. V. Chernykh. Yekaterinburg : USURT, 2011. 155 p. ISBN 978-5-94614-191-8.
2. ERP systems // KPMS. Quality management. URL: http://www.kpms.ru/Automatization/ERP_system.htm.
3. Ilyin V. V. Implementation of ERP systems : Economic efficiency management. Moscow : Intermediator, 2018. 298 p.
4. Rybakov A. ERP system: what is it, what to implement and whether your company needs it. URL: <https://m.habr.com/ru/post/523120>.



Артем Викторович
Чонка

Artem V. Chonka

Перспективы применения переходных кривых, совмещенных с кривыми в вертикальной плоскости

Prospects of the application of transition curves combined with curves in a vertical plane

Аннотация

Статья посвящена перспективам использования в проектировании геометрии оси железнодорожного пути пространственной кривизны, представляющей собой совмещение переходных кривых в плане с кривыми, сопрягающими элементы профиля в вертикальной плоскости. Отмечены некоторые преимущества и недостатки данного подхода в сравнении с используемым сейчас на железных дорогах России. Кроме того, рассмотрены исследования в смежных областях, выдвинута новая концепция геометрии трассы железнодорожного пути, использующая вышеназванное совмещение, биклотоидное проектирование кривых плана и вертикальных кривых, сопрягающих элементы профиля и криволинейный отвод возвышения наружного рельса в кривой. Сделан вывод о нецелесообразности некоторых нормативных требований, действующих на железных дорогах Российской Федерации.

Ключевые слова: железная дорога, железнодорожный путь, высокоскоростная магистраль, непогашенное поперечное ускорение, клотоида, биклотоида, возвышение наружного рельса, отвод возвышения.

Abstract

This article focuses on the benefits of using spatial geometry in a railway design. The mentioned spatial geometry is a combination of a transitional curve and a curve in a vertical plane. Some advantages and disadvantages of this approach in comparison to the one used on Russian railways today are emphasized. Moreover, research in related fields is being considered and a new conventional scheme of railway geometry has been introduced which uses the above-mentioned spatial geometry, biclothoid curve design and non-linear ramp of a cant in a transitional curve. The conclusion about inappropriateness of some current regulatory requirements for railways in the Russian Federation is made.

Keywords: railway, railway track, high-speed railway, uncompensated lateral acceleration, clothoid, biclothoid, cant, cant ramp.

Авторы Authors

Артем Викторович Чонка, аспирант кафедры «Путь и железнодорожное строительство», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: RayL-er@outlook.com

Artem V. Chonka, postgraduate student of the "Track and Railway Construction" Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: RayL-er@outlook.com

Введение

Железные дороги — это один из важнейших видов наземного транспорта. Железнодорожные пути, будучи стратегически важными объектами, существенно влияют на обороноспособность и экономику страны. В связи с этим необходимо обеспечить уровень их развития, соответствующий современным экономическим, оборонным, экологическим и техническим требованиям. Рост объемов производства и потребности в транспортных услугах диктует необходимость наращивания объемов перевозок, реализуемых железными дорогами.

Существенным фактором, определяющим потенциал железной дороги, является скорость движения составов. Разумно предположить, что введение скоростных поездов и строительство высокоскоростных железнодорожных магистралей позволят значительно повысить среднюю по сети скорость движения поездов и, как следствие, окажут положительное влияние на технико-экономический уровень развития страны.

Стратегия развития железнодорожного транспорта предполагает к 2030 г. завершить строительство 20730 км новых железнодорожных путей, из них 1528 км — высокоскоростные магистрали [1]. Однако введение в эксплуатацию поездов, способных развивать скорости свыше 200 км/ч, неизбежно потребует строительства путей, соответствующих своей геометрией действующим нормативным требованиям и позволяющих поездам безопасно развивать необходимые скорости движения. Как следствие, возникают две проблемы. Во-первых, максимальная величина непогашенного поперечного ускорения, допускаемая действующими специальными техническими условиями для высокоскоростных железнодорожных магистралей, составляет $0,7 \text{ м/с}^2$ [2], в связи с чем радиусы круговых и длины переходных кривых будут иметь значительные величины. К примеру, при таких условиях длина переходной кривой для расчетной скорости движения в 350 км/ч может составлять более 500 м, следовательно, при учете минимальной длины круговой кривой в 250 м минимальная длина кривой составляет 1,25 км. Расположение таких кривых, особенно в сложных условиях, приведет к наложению переходных кривых в плане на кривые в вертикальной плоскости, а отсюда вытекает вторая проблема: такое совмещение запрещено пунктом 4.3 СП 119 [3], что говорит о необходимости ликвидации наложения, которая потенциально повлечет дополнительные затраты средств и времени. В статье рассматриваются перспективы, открывающиеся при изменении или ликвидации данных нормативных требований.

1. Геометрия кривых участков пути

Геометрия трассы железнодорожного пути характеризуется ее планом и профилем. К плану и продольному профилю предъявляются требования безопасности, плавности, бесперебойности движения и экономичности. Чтобы соответствовать данным требованиям, при проектировании трассы план и продольный профиль разрабатываются комплексно.

План трассы

План железнодорожной трассы состоит из прямых участков, сопрягаемых кривыми, которые, в свою очередь, состоят из участка круговой кривой и двух переходных кривых (рис. 1).

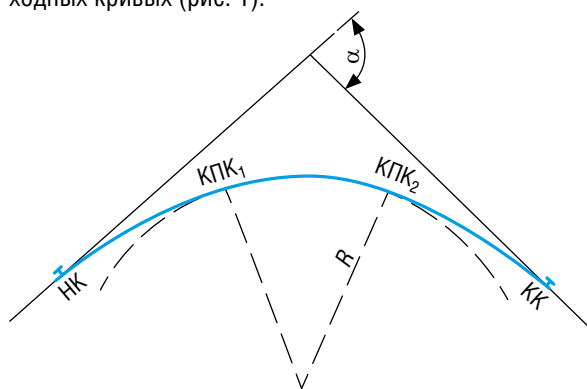


Рис. 1. Принципиальная схема кривого участка пути в плане: НК-КПК1, КПК2-КК — переходные кривые; КПК1-КПК2 — круговая кривая

Круговые кривые являются фрагментами окружности заданного радиуса. Переходные кривые являются сегментами клотоиды — кривой, характеризуемой линейным изменением кривизны в зависимости от длины. В прямоугольной системе координат клотоида описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} x = S - \frac{S^5}{40C^2} + \frac{S^9}{3456C^4} - \dots \\ y = \frac{S^3}{6C} - \frac{S^7}{336C^3} + \frac{S^{11}}{422240C^5} - \dots \\ C = R \cdot L \end{cases} \quad (1)$$

где x, y — координаты рассматриваемой точки; S — длина переходной кривой от начальной до рассматриваемой точки; R — радиус круговой кривой; L — длина переходной кривой.

Однако в контексте проектирования железных дорог данная система обладает избыточной точностью, поэтому для разбивки переходных кривых используют лишь первые два члена рядов:

$$\begin{cases} x = S - \frac{S^5}{40C^2} \\ y = \frac{S^3}{6C} - \frac{S^7}{336C^3} \\ C = R \cdot L \end{cases} \quad (2)$$

Профиль трассы

Профиль трассы железнодорожного пути состоит из прямых участков, характеризующихся их длиной и уклоном, и кривых, сопрягающих переломы профиля (рис. 2).

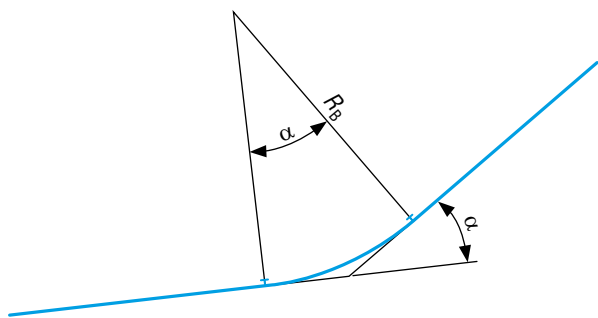


Рис. 2. Схема вертикальной кривой

Изменение вертикальной координаты точки, движущейся по вертикальной кривой, описывается уравнением

$$z = R_B(1 - \cos \alpha). \quad (3)$$

Следует отметить, что существует запатентованный метод проектирования продольного профиля пути, использующий клотоиды в качестве сопряжения элементов профиля [4]. Сегменты замещающих кривых описываются уравнениями, аналогичными приведенной ранее системе (2).

2. Совмещение переходных кривых с вертикальными кривыми

В настоящее время нормативные требования запрещают геометрическое совмещение переходных кривых в плане с кривыми, сопрягающими переломы профиля. Однако для рассмотрения перспектив внедрения инноваций в геометрию трассы необходимо гипотетически пренебречь данным требованием и понять, что представляет собой сложная геометрия «совмещенной» кривой. Если принять допущение о близком расположении на-

чал переходной и вертикальной кривых, то полученная пространственная кривая будет иметь вид, представленный на рис. 3 [5].

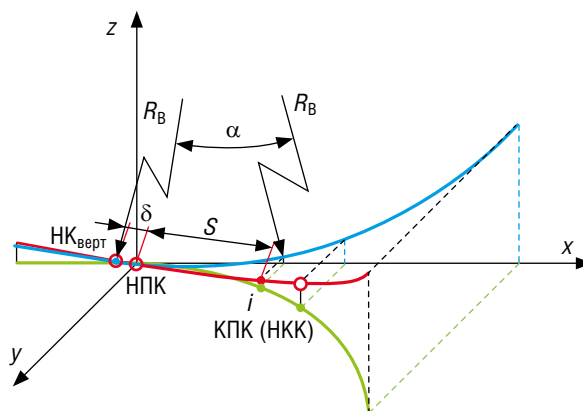


Рис. 3. Результат совмещения переходной и вертикальной кривой:

голубая линия — вертикальная кривая; зеленая линия НПК-КПК — переходная кривая; зеленая от КПК — круговая кривая; красная линия — пространственная кривая (результат совмещения)

В пределах НПК-КПК полученная кривая описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} x = S - \frac{S^5}{40C^2} \\ y = \frac{S^3}{6C} - \frac{S^7}{336C^3}, \\ z = \frac{(S \pm \delta)}{2R_B} \end{cases} \quad (4)$$

где δ — расстояние между началами вертикальной и переходной кривых.

Проведенные ранее исследования внедрения данного совмещения в профиль пути показали незначительное отличие силового воздействия на состав при прохождении расчетного участка вне зависимости от метода его проектирования. Изменения претерпела лишь динамика усилий в межвагонном пространстве: снизилась частота колебания средних и амплитуда абсолютных значений усилий, однако предельное значение осталось прежним. В связи с этим можно сделать вывод, что с точки зрения силового воздействия нет причин отказываться от применения подобной геометрии трассы пути. Опыт проектирования ВСМ в России указывает на возможности существенного снижения затрат на искусственные сооружения и устройство земляного полотна [5]. Кроме того, исследования показывают преимущества использования совмещения для тяжело-

весного движения [6]. Но результаты имитационных исследований должны быть подтверждены испытаниями, которые можно провести на некоторых участках железных дорог, имеющих подобную геометрию. Кроме потенциального снижения капитальных затрат на строительство новых дорог, применение совмещения открывает возможности повсеместного использования биклотоидных кривых.

3. Биклотоидные кривые

Биклотоидные кривые являются продуктом замещения кривой обычной компоновки двумя клотоидными участками, имеющими равные минимальный радиус и угол поворота. Характерная особенность биклотоидной кривой — постоянно изменяющаяся кривизна в результате отсутствия круговой кривой, имеющей постоянную кривизну.

Проведенные исследования по применению биклотоидных кривых, совмещенных с кривыми в вертикальной плоскости, для ВСМ указывают на снижение амплитуды колебаний абсолютных значений усилий, действующих на путь, а также на общее повышение плавности изменения усредненных значений усилий в сравнении с результатами имитационных испытаний на участках «классических» кривых с применением совмещения и без него (рис. 4–6). Следует отметить, что повышен-

ные значения нагрузок для биклотоиды в левой и правой частях графиков связаны с нахождением экипажа в кривой, в отличие от двух других испытаний, в которых те же пикеты располагаются на прямом участке.

В условиях действующих нормативных требований применение биклотоидных кривых затруднительно, особенно в гористой или холмистой местности, ввиду необходимости вынесения вертикальных кривых за пределы переходных, суммарная длина которых в биклотоиде вдвое больше, чем длина замещаемой ими круговой кривой [7]. Однако многочисленные исследования с использованием имитационного моделирования указывают на значительное снижение воздействия на путь в биклотоидах (до 40 % в отдельных случаях) [6–8]. Кроме того, при учете импульса силы в отношении воздействия на пассажира при прохождении поездом биклотоидной кривой исследования указывают на существенное снижение силового воздействия на пассажира, что объясняется постепенным нарастанием непогашенного поперечного ускорения и достижением им максимального значения лишь на мгновение преодоления рассматриваемой частью состава стыка клотоид [5, 6].

Стоит отметить установленный Европейским комитетом по стандартизации индекс комфорта пассажиров $P_{СТ}$, показывающий процент пассажиров, испытывающих дискомфорт при прохождении переходных кривых [9]. Данный индекс прямо пропорционален поперечному ускорению, скорости его изменения и скорости

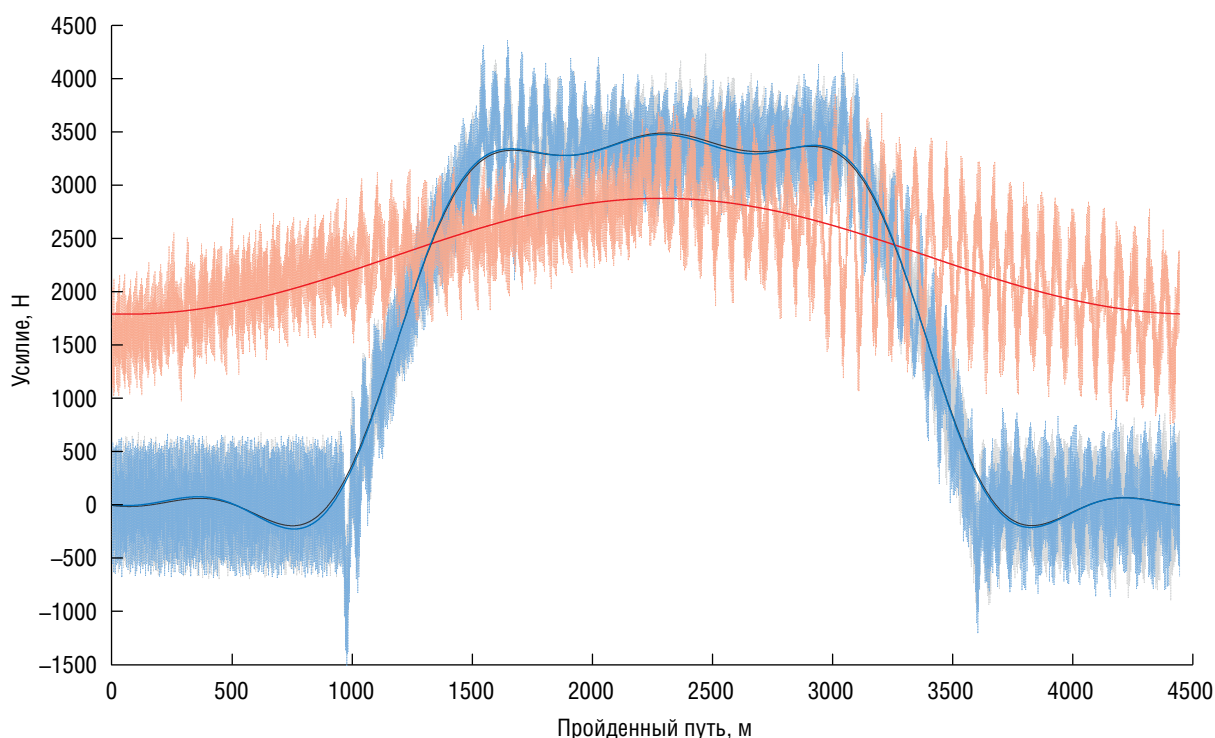


Рис. 4. Сравнительный график продольных усилий, действующих на пассажирский состав при движении со скоростью около 400 км/ч:
 — при нормативном проектировании; — при совмещенном проектировании; — при биклотоидном проектировании

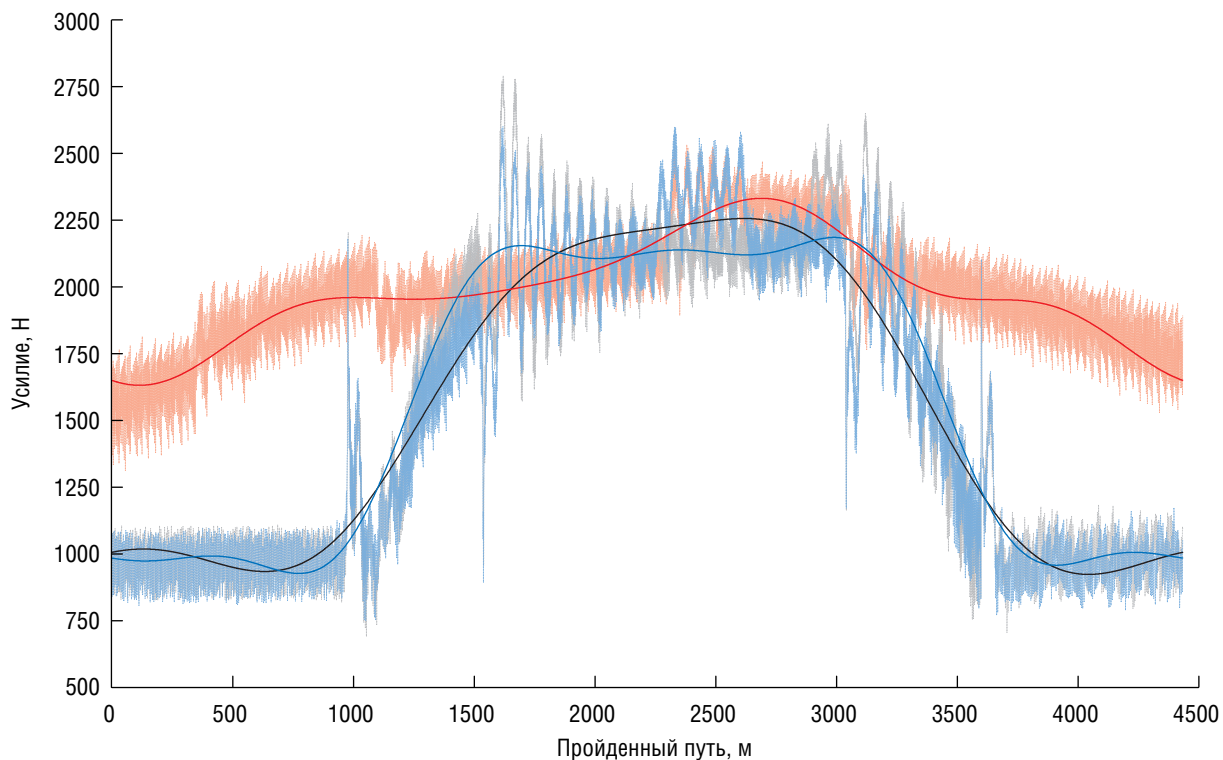


Рис. 5. Сравнительный график поперечных усилий, действующих на пассажирский состав при движении со скоростью около 400 км/ч:
 — при нормативном проектировании; — при совмещенном проектировании; — при биклоидном проектировании

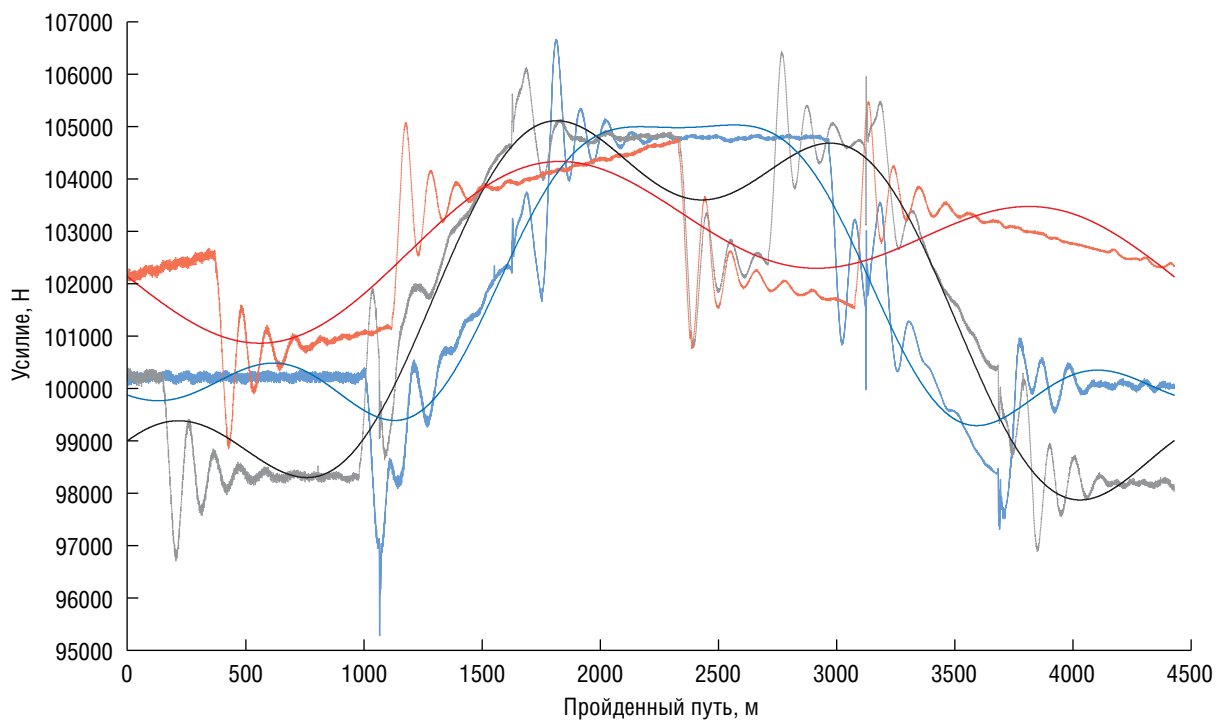


Рис. 6. Сравнительный график вертикальных усилий, действующих на пассажирский состав при движении со скоростью около 400 км/ч:
 — при нормативном проектировании; — при совмещенном проектировании; — при биклоидном проектировании

наклона кузова поездов, оснащенных соответствующей системой. Из-за геометрических характеристик биклотовидные кривые снижают поперечное ускорение, действующее на пассажиров, существенно замедляют его нарастание и снижение, а поездам с СНК позволяют снизить скорость наклона из-за большой длины переходных участков. Это позволяет сделать вывод о положительном влиянии биклотовидной геометрии кривых на комфортабельность поездки пассажиров.

Биклотовидная геометрия также соответствует рекомендациям, приведенным в выводах к исследованию морской болезни, вызванной наклоном кузова в кривых [10]. Рекомендации включают увеличение длины переходных кривых, уменьшение скорости наклона кузова, а также общее повышение плавности движения для снижения низкочастотных колебаний.

4. S-образный отвод возвышения наружного рельса в кривой

Возвышение наружного рельса — очень важный параметр кривого участка пути. Для снижения действия центробежной силы на состав наружная рельсовая нить в кривой должна быть физически выше внутренней. Однако прямые участки пути возвышения не имеют, следовательно, необходимо устройство участков нарастания возвышения наружного рельса с нуля до расчетного возвышения в кривой — участков отвода возвышения в пределах переходных кривых. Сегодня на железных дорогах России широко применяется прямолинейный отвод возвышения (рис. 7) [11].

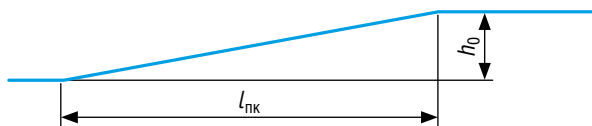


Рис. 7. Схема прямолинейного отвода возвышения наружного рельса: h_0 — возвышение наружного рельса в круговой кривой; l — длина переходной кривой

Криволинейный или S-образный отвод возвышения наружного рельса представляет собой неравномерное изменение возвышения наружного рельса в переходной кривой, описываемое синусоидой $\alpha \in \left[-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2}\right]$ (рис. 8) [11]:

$$h = \frac{h_0}{2}(1 + \sin\alpha). \quad (5)$$

Применение данного очертания отвода возвышения способствует сглаживанию переломов профиля наруж-

ного рельса в кривой, что важно для ликвидации нежелательных колебаний высокоскоростных поездов при прохождении кривого участка, возникающих вследствие ударов колеса при резком изменении направления движения. Исследования указывают на эффективность криволинейного отвода возвышения для снижения силового воздействия на экипаж в кривом участке пути [11].

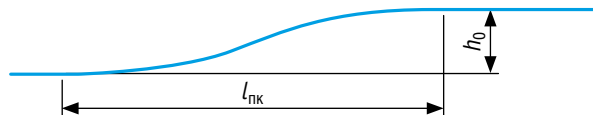


Рис. 8. Схема криволинейного отвода возвышения

Применение биклотовидных кривых в совокупности с криволинейным отводом возвышения приведет не только к повышению плавности движения по кривой в целом, но и к смягчению движения колеса по внешней рельсовой нити кривой, снижая интенсивность колебаний состава.

Выводы

На основе вышесказанного к рассмотрению предлагается модифицированная концептуальная схема геометрии трассы железнодорожного пути:

1. План трассы, состоящий из прямых участков, сопрягаемых биклотовидными кривыми.
2. Криволинейный отвод возвышения наружного рельса в переходной кривой. Наиболее оптимальное очертание отвода необходимо определить дальнейшими исследованиями и подбирать в зависимости от характера кривизны переходных кривых.
3. Использование биклотовидных кривых для сопряжения элементов продольного профиля.
4. Беспрепятственное устройство совмещенных кривых.

Дальнейшая оптимизация геометрии оси железнодорожного пути на российских железных дорогах может потребовать корректировок нормативных требований. В частности, необходимо:

- снять запрет совмещения переходных кривых с кривыми в вертикальной плоскости, что позволит снизить капитальные затраты при строительстве и использовать биклотовидные кривые вне зависимости от рельефа местности;
- нормировать геометрию кривых участков с учетом импульса сил — это позволит повысить допустимые значения непогашенного ускорения, уменьшить радиусы кривых и, следовательно, сократить длины кривых участков пути без существенного снижения комфортабельности и безопасности движения. **ИТ**

Список литературы

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта до 2030 года : утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2008 года № 877-р. М. : Минтранс РФ, 2008. 171 с.
2. Специальные технические условия. Проектирование участка Москва — Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Казань — Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/ч: № 14574-ЛС/03. М. : Минстрой РФ, 2017. 93 с.
3. СП 119.13330.2017. Железные дороги колеи 1520 мм. Актуализированная редакция СНиП 32-01-95. М. : Стандартинформ, 2018. 40 с.
4. Пат. RU 2587770 С1 Российская Федерация. Способ проектирования продольного профиля железнодорожного пути / А. Р. Исламов, Г. Л. Аккерман. Опубл. 20.06.2020.
5. Аккерман Г. Л., Аккерман С. Г., Замуховский А. В., Копыленко В. А. К вопросу о допустимости совмещения кривых в вертикальной плоскости с переходными кривыми в плане при проектировании ВСМ // Транспорт Российской Федерации. 2018. № 1. С. 22–25. ISSN 1994-831X.
6. Аккерман Г. Л., Аккерман С. Г., Каргапольцев Д. В. Инновации в геометрии трассы // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. 2019. № 4 (21). С. 40–43. ISSN 2415-8658.
7. Аккерман Г. Л., Кошелев Д. А. Оценка возможности применения биклотоидного проектирования смежных кривых для движения высокоскоростных и тяжелых поездов имитационным моделированием // Инновационный транспорт. 2012. № 5(6). С. 3–9. ISSN 2311-164X.
8. Аккерман Г. Л., Аккерман С. Г., Кравченко О. А. Метод снижения затрат на содержание криволинейных участков пути // Железнодорожный транспорт. 2011. № 5. С. 41–42. ISSN 0044-4448.
9. Railway Applications Ride comfort for passengers Measure and evaluation: EN 12299:2009. European Committee for Standardization Brussels. 66 p.
10. Persson R. Tilting trains: Benefits and motion sickness // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. 2010. Vol. 224, issue 6. P. 513–522.
11. Аккерман Г. Л., Кравченко О. А. Сравнительный анализ переходных кривых с прямым и S-образным отводом возвышения // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2010. № 22. С. 82–86. ISSN 1815-9265.

References

1. Strategy for the Development of railway Transport until 2030: approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated June 17, 2008 No. 877-R. M. : Ministry of Transport of the Russian Federation, 2008. 171 p.
2. Special technical conditions. Design of the Moscow — Kazan section of the Moscow — Kazan — Yekaterinburg high-speed railway with speeds up to 400 km/h: No. 14574-LS/03. Moscow : Ministry of Construction of the Russian Federation, 2017. 93 p.
3. SP 119.13330.2017. Railways of 1520 mm gauge. Updated edition of SNiP 32-01-95. Moscow : Standartinform, 2018. 40 p.
4. Pat. RU 2587770 C 1 Russian Federation. A method of designing a longitudinal profile of a railway track / A. R. Islamov, G. L. Akkerman. Publ. 20.06.2020.
5. Akkerman G. L., Akkerman S. G., Zamukhovskiy A. V., Kopylenko V. A. On the question of the permissibility of combining curves in the vertical plane with transition curves in the plan when designing the HSR // Transport of the Russian Federation. 2018. No. 1. P. 22–25. ISSN 1994-831X.
6. Akkerman G. L., Akkerman S. G., Kargapoltsev D. V. Innovations in route geometry // Transport of the Asia-Pacific region. 2019. No. 4 (21). P. 40–43. ISSN 2415-8658.
7. Akkerman G. L., Koshelev D. A. Evaluation of the possibility of using biclotoid design of adjacent curves for the movement of high-speed and heavy trains by simulation modeling // Innotrans. 2012. No. 5(6). P. 3–9. ISSN 2311-164X.
8. Akkerman G. L., Akkerman S. G., Kravchenko O. A. Method of reducing the cost of maintaining curved sections of the path // Railway transport. 2011. No. 5. P. 41–42. ISSN 0044-4448.
9. Railway Applications Ride comfort for passengers Measure and evaluation: EN 12299:2009. European Committee for Standardization Brussels. 66 p.
10. Persson R. Tilting trains: Benefits and motion sickness // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. 2010. Vol. 224, issue 6. P. 513–522.
11. Akkerman G. L., Kravchenko O. A. Comparative analysis of transition curves with straight and S-shaped elevation // Bulletin of the Siberian State University of Railway Transport. 2010. No. 22. P. 82–86. ISSN 1815-9265.



Александр Владимирович
Андрюков

Aleksandr V. Andrukov

Анализ отказов устройств контактной сети по причине гололедообразования

Analyses of the Contact System Devices Failure Caused by Icing

Аннотация

Ежегодно количество отказов устройств контактной сети в результате возникновения гололеда продолжает оставаться на высоком уровне. Это свидетельствует о необходимости повышения эффективности мер по предотвращению гололедообразования на проводах контактной сети и токоприемниках электроподвижного состава. В статье рассматриваются факторы, которые отрицательно влияют на параметры и работоспособность контактной сети. Приводится статистика отказов на контактной сети ОАО «РЖД», исследовано техническое состояние устройств контактной сети с 2019 по 2022 г. С помощью системы КАСАНТ проведен оперативный мониторинг диагностических нарушений и их последствий из-за образования гололеда. Построена диаграмма Парето вероятности возникновения отказов по видам устройств контактной сети.

Ключевые слова: контактная сеть, отказ, надежность, гололед, климатические районы, мониторинг, риск, диагностические оценки, показатели нарушений.

Статья публикуется в авторской редакции

Авторы Authors

Александр Владимирович Андрюков, ассистент кафедры «Электроснабжение транспорта», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Aleksandr V. Andrukov, assistant of the chair "Electricity Supply of Transport", Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg

Abstract

Every year the number of failures of the contact system devices caused by icing remains high. It is an indication of the necessity to increase the efficiency of measures to prevent icing on the contact system wires and the electric rolling-stock power collectors. The article considers the factors that affect the parameters and functioning of the contact system negatively. The statistics of the contact system failures of JSC "RZD" is given, technical condition of the contact system devices of the period from 2019 to 2022 is researched. Due to the "KASANT" system an operative monitoring of the diagnostic failures and their consequences caused by icing is conducted. Pareto diagram of the probability of the failure occurrence in the kinds of devices of the contact system is constructed.

Keywords: contact system, failure, safety, icing, climatic regions, monitoring, risk, diagnostic evaluations, index of violation.



Рис. 1. Причины отказов, влияющих на систему токосяема

Гололед отрицательно влияет на процесс передачи тока по контактным проводам. Несмотря на то, что его продолжительность в течение года невелика, серьезные последствия, которые могут возникнуть в результате гололедообразования, требуют тщательной подготовки к борьбе с ним.

Наибольшую угрозу гололед представляет в момент начала движения электроподвижного состава. Это может привести к перегосу проводов у контактных подвесок при переменном токе. Когда образуется наледь большой толщины, механическая нагрузка на контактный провод увеличивается, из-за этого возрастает и стрела провеса для компенсированных контактных подвесок, что приводит к ухудшению качества токосяема.

Чтобы гарантировать стабильный и качественный токосяем на железнодорожных путях, необходимо учитывать множество факторов. Некоторые из них определяются с большой точностью в процессе проектирования, другие проверяются во время эксплуатации, а еще часть можно рассчитать [1]. Не только негативные факторы окружающей среды и эксплуатационные характеристики контактной сети (КС), но и конструктивные особенности могут негативно повлиять на ее работоспособность (рис. 1).

Неисправности элементов по причине внешних воздействий могут привести к сбоям в работе всей системы токосяема. Из-за высокой влажности и низких температур на контактных проводах и несущем тросе нередко образуется наледь. При повышении веса гололеда между токоприемником и проводом возникает искрение и появляется дуга. Ветер вызывает повреждение не только на проводах, но и в токоприемниках, что препятствует безопасности движения поездов. Влияние солнечной радиации на увеличение стрелы про-

веса также негативно отражается на качестве системы токосяема [2].

Натяжение, геометрические параметры вертикальной и горизонтальной регулировки контактной подвески — эти параметры относятся к конструктивным факторам. Из-за большого налипания льда может изменяться погонная масса на контактных проводах и несущем тросе.

Факторы, связанные с эксплуатацией, также влияют на надежность и качество токосяема, приводят к увеличению затрат на эксплуатацию и возникновению повреждений. К эксплуатационным факторам относят частоту технического обслуживания, срок эксплуатации, смещение верхнего строения пути относительно опор КС.

Анализ отказов устройств позволяет улучшить работу контактной сети. Для получения данных об отказах используется комплексная автоматизированная система учета, контроля, устранения отказов технических средств за их надежности КАСАНТ, которая внедрена во всех филиалах ОАО «РЖД». Для успешного развития ОАО «РЖД» подразделения электрификации и электроснабжения обязаны повышать надежность устройств КС [2]. Особое внимание уделяется элементам, которые из-за гололеда могут работать неэффективно.

Рассмотрим статистику отказов за 2019–2022 гг. на примере одной железной дороги (табл. 1). Согласно таблице, прослеживается положительная динамика: число инцидентов постепенно снижается. Так, в 2022 г. количество повреждений, обусловленных проблемами в работе контактной сети, уменьшилось на 7,3 % по сравнению с 2021 г. (с 123 до 114 случаев).

Основные причины отказов в работе устройств КС с указанием их доли представлены в табл. 2 (желтым цветом выделены отказы, которые непосредственно связаны с влиянием климатических факторов).

Таблица 1

Количество отказов на контактной сети

Название параметра	Год			
	2019	2020	2021	2022
Количество отказов по вине хозяйства ЭЛС	548	479	754	625
Количество повреждений по вине хозяйства ЭЛС	175	138	123	114

Таблица 2

Причины возникновения отказов устройств контактной сети

Основные причины	Год			
	2019	2020	2021	2022
Эксплуатация, %	48,0	44,2	39,4	39,0
По вине монтажных организаций, %	16,0	21,0	22,3	20,8
Износ, %	12,4	13,1	12,8	12,4
По вине посторонних предметов, механизмов, %	6,4	4,2	5,7	7,8
Метеорологические условия, %	10,5	8,5	7,9	7,4
Прочие, %	3,8	2,2	3,3	3,5

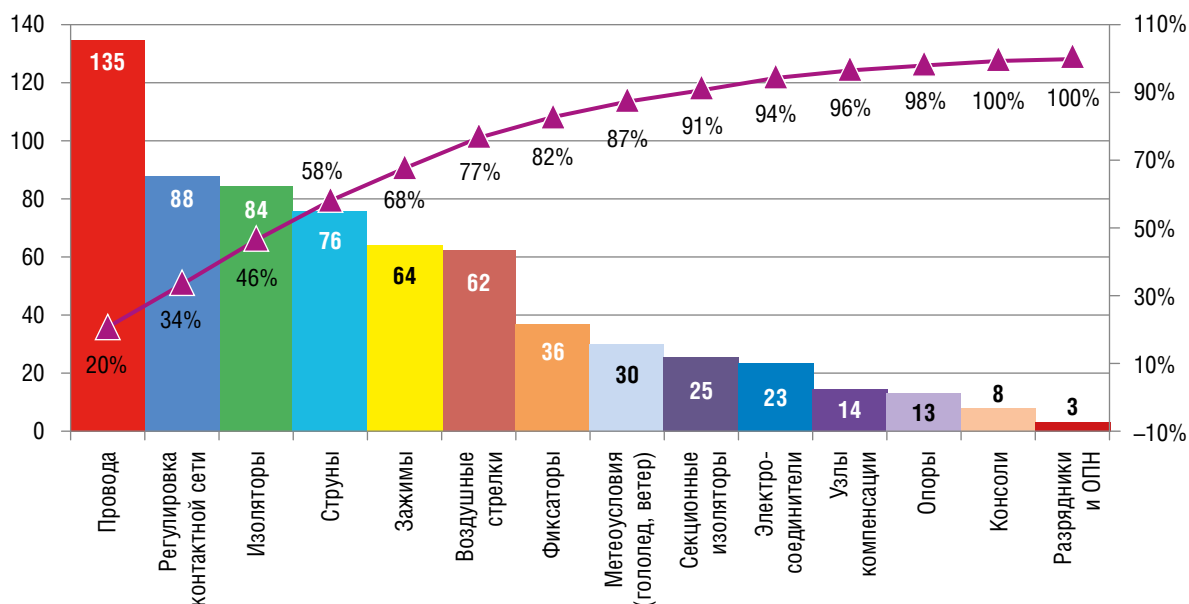


Рис. 2. Анализ отказов устройств контактной сети в 2022 г.

На основании проведенного статистического анализа отказов на контактной сети за 2022 г. была построена диаграмма Парето по всем филиалам ОАО «РЖД» (рис. 2). Отказы устройств КС по причине плохих метеоусловий (гололед, ветер) составили 30 случаев (5 % от общего числа).

В качестве примера повреждения токоприемника можно привести случай отключения быстродействующего выключателя на фидере № 3 тяговой подстанции в ноябре 2020 г., вызванный коротким замыканием. Повреждение токоприемника на локомотиве 2ВЛ-10 произошло из-за образования небольшого слоя гололеда

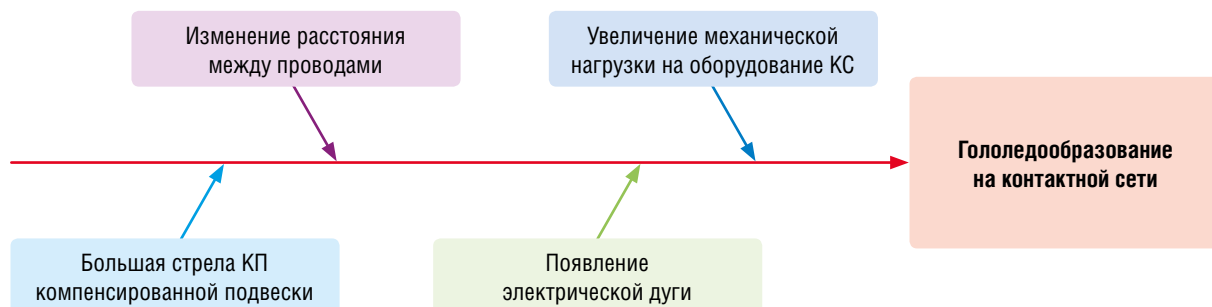


Рис. 3. Причины отказов устройств КС, связанных с гололедообразованием

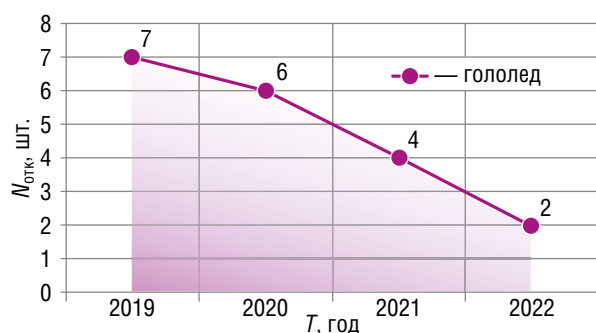


Рис. 4. Количество отказов устройств КС по причине гололедообразования в период с 2019 по 2022 г.

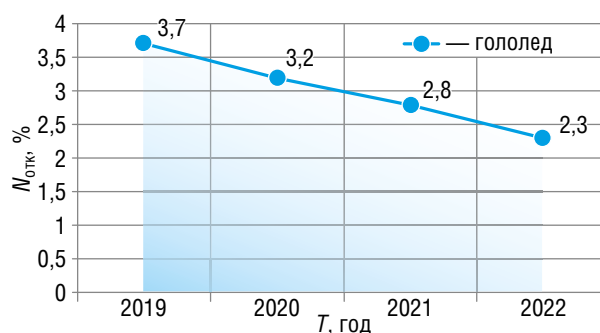


Рис. 5. Процентное соотношение отказов устройств КС по причине гололедообразования в период с 2019 по 2022 г.

на фиксаторе. При низких температурах дополнительный стержень у фиксатора оказался в горизонтальном положении, что повлекло за собой повреждение токоприемника и сильный провес контактного провода. В результате произошла задержка поездов два часа.

На рис. 3 показаны причины отказов устройств КС на железных дорогах России, связанных с гололедообразованием [3], в виде схемы Исикавы.

На основании ежегодных аналитических отчетов подразделений электрификации и электроснабжения сотрудники научно-исследовательской лаборатории «Системы автоматизированного проектирования контактной сети» в рамках выполнения госбюджетной научно-исследовательской работы провели обзор технического состояния устройств КС с 2019 по 2022 г. Был построен график отказов устройств КС по причине гололедообразования. Из рис. 4 видно, что с каждым годом число отказов уменьшается.

На рис. 5 показано процентное соотношение отказов элементов КС по отношению ко всем нарушениям работы устройств в период с 2019 по 2022 г. Определено, что в среднем отказы устройств КС по причине гололедообразования составляют 3 % в год от общего числа нарушений нормальной работы контактной сети. Больше половины этих отказов приходится на пережоги и обрывы контактных проводов, остальные отказы связаны с другими устройствами, которые подвергаются воздействию гололеда [4].

В качестве следующего шага проведен мониторинг диагностических нарушений, показателей и последствий нарушений устройств КС, связанных с образованием гололеда. В их число входит количество задержанных поездов, время задержки поездов, время перерывов питания, а также количество поломок устройств КС из-за гололеда (рис. 6).

Далее были выявлены статистически значимые показатели состояния контактной сети, связанные с гололедообразованием. На рис. 7 представлена диаграмма Парето в виде расчета вероятности возникновения отказов по видам устройств КС, подверженных гололедообразованию. За основу принят ABC-анализ, который представляет собой классификацию показателей по трем группам важности: группа А определяет от 0 до 50 % всего результата, группа В — от 50 до 80 % общего результата и группа С — от 80 до 100 % остального результата [5]. Исходя из диаграммы, можно утверждать, что наибольшая вероятность отказов приходится на контактный провод, так как гололед на контактной подвеске ухудшает качество токосъема, вызывая образование электрической дуги, которая может привести к пережогу или обрыву проводов контактной сети.

Частота отказов различных устройств КС постоянно варьируется. Устройства, которые выходят из строя чаще, оказывают более значимое влияние. Анализ отказов во многом основывается на этом факторе. Различают

Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

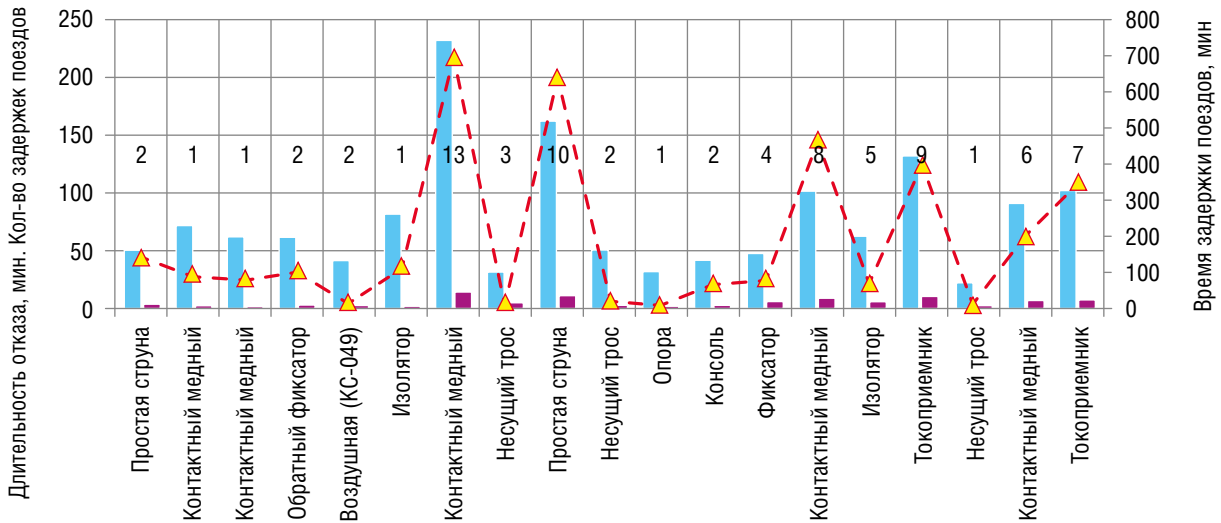


Рис. 6. Оперативный мониторинг диагностических нарушений, показателей и последствий нарушений устройств КС в связи с гололедообразованием:

■ — длительность отказа (мин); ■ — количество задержанных поездов; -▲- — задержки поездов (мин)

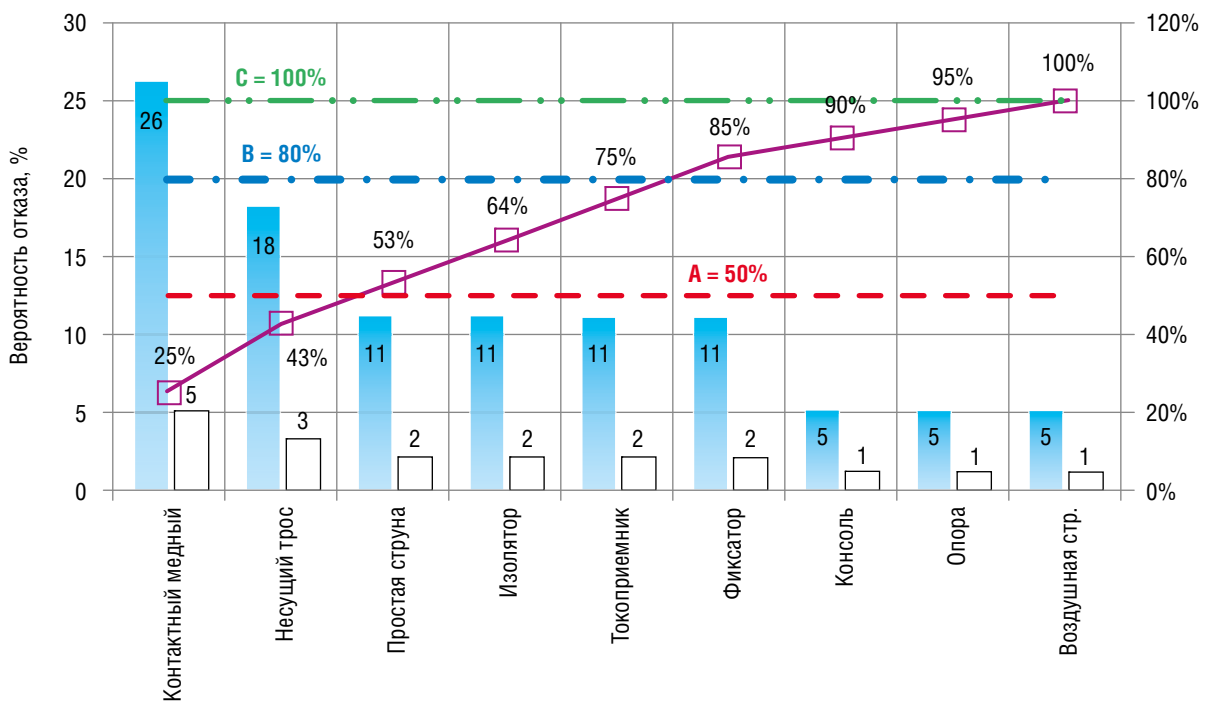


Рис. 7. Диаграмма вероятности отказов устройств контактной сети из-за гололедообразования:

■ — вероятность; □ — количество отказов; □ — нараст, %; - - - A = 50%; - - - B = 80%; - - - C = 100%

ся и размеры ущерба от каждого отказа: те устройства, отказы которых приводят к большим потерям, должны оказывать большее влияние на общие экономические показатели. Тем не менее этот фактор не всегда учитывается. Самым эффективным будет подход, учитывающий две составляющие: вероятность возникновения отказа элемента КС и длительность задержки поездов [6].

На рис. 8 представлена гистограмма рисков отказов устройств КС по причине гололедообразования. На левой оси даны абсолютные значения рисков в финансовой трактовке, на правой — доли риска отказов в процентах. Данное ранжирование позволяет сделать вывод о приоритетности обслуживания элементов контактной сети в зависимости от степени значимости финансовой составляющей рисков.

А. В. Андрияков | Анализ отказов устройств контактной сети по причине гололедообразования

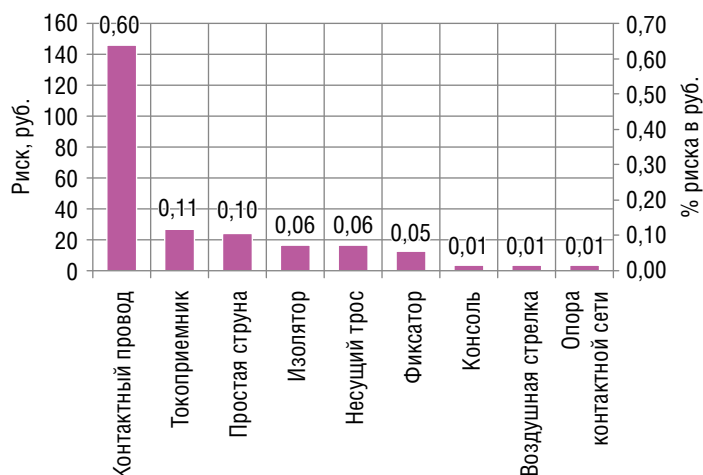


Рис. 8. Гистограмма рисков отказов устройств контактной сети по причине гололедообразования

Приведенная статистическая оценка отказов устройств КС по причине гололедообразования является основой разработки математической модели процесса отказов устройств контактной сети в виде марковских процессов. Полученная статистика позволяет:

- разработать физическую модель элементов контактной сети, подверженных воздействию гололеда, на основе которой будет выполнен расчет последовательно-параллельной структурной схемы надежности;
- уточнить требования к контактной подвеске на проектируемых участках скоростных и высокоскоростных магистралей;
- определить с высокой точностью финальную вероятность возникновения гололеда на участках контактной сети;
- обосновывать проведение мероприятий по предупреждению гололедообразования. **ИТ**

Список литературы

1. Ефимов А. В., Галкин А. Г. Надежность и диагностика систем электроснабжения железных дорог : учебник для студентов вузов ж.-д. транспорта. М. : УМК МПС России, 2000. 510, [1] с. ISBN 5-89035-022-6.
2. Ковалев А. А., Маслов А. М., Аксенов Н. А., Иваничев А. Ю. Исследование надежности системы контактной сети железных дорог как фактора экономического развития региона // Транспортное дело России. 2016. № 4 (124). С. 98–102. ISSN 2072-8689.
3. Андриюков А. В., Ковалев А. А. Анализ надежности устройств контактной сети на участке Екатеринбург — Челябинск // Инновационный транспорт. 2021. № 2 (40). С. 54–58. ISSN 2311-164X.
4. Смердин А. Н., Тарасенко А. В., Чертков И. Е., Голубков А. С. Разработка вероятностной модели прогнозирования отказов в работе системы токосъема вследствие гололедообразования на проводах контактной сети // Известия Транссиба. 2021. № 2 (46). С. 62–71. ISSN 2220-4245.
5. Галкин А. Г., Митрофанов А. Н., Митрофанов С. А. Методика проведения риск-анализа и прогнозирования показателей качества состояния контактной сети // Вестник Самарского муниципального института управления. 2011. № 3 (18). С. 172–182. ISSN 2071-9558.
6. Митрофанов С. А., Галкин А. Г. Применение теории рисков для совершенствования показателей качества содержания контактной сети // Инновационный транспорт. 2015. № 1 (15). С. 66–70. ISSN 2311-164X.

References

1. Efimov A. V., Galkin A. G. Reliability and diagnostics of railway power supply systems : textbook for university students of railway transport. Moscow : UMC MPS of Russia, 2000. 510 p. ISBN 5-89035-022-6.
2. Kovalev A. A., Maslov A. M., Aksenov N. A., Ivanishchev A. Yu. Investigation of the reliability of the railway contact network system as a factor of economic development of the region // Transport business of Russia. 2016. No. 4 (124). P. 98–102. ISSN 2072-8689.
3. Andriukov A. V., Kovalev A. A. Reliability analysis of contact network devices on the Yekaterinburg — Chelyabinsk section // Innotrans. 2021. No. 2 (40). P. 54–58. ISSN 2311-164X.
4. Smerdin A. N., Tarasenko A. V., Chertkov I. E., Golubkov A. S. Development of a probabilistic model for predicting failures in the operation of the current removal system due to ice formation on the wires of the contact network // The Trans-Siberian Railway. 2021. No. 2 (46). P. 62–71. ISSN 2220-4245.
5. Galkin A. G., Mitrofanov A. N., Mitrofanov S. A. Methodology of risk analysis and forecasting of quality indicators of the state of the contact network // Bulletin of the Samara Municipal Institute of Management. 2011. No. 3 (18). P. 172–182. ISSN 2071-9558.
6. Mitrofanov S. A., Galkin A. G. Application of risk theory for improving the quality indicators of the contact network content // Innotrans. 2015. No. 1 (15). P. 66–70. ISSN 2311-164X.



**Накип Закиевич
Сабиров**
Nakip Z. Sabirov



**Шамиль Касымович
Валиев**
Shamil K. Valiev

Пути совершенствования и развития средств диагностики объектов железнодорожной инфраструктуры

Ways of Modernization and Development of the Means of Diagnosing the Railway Infrastructure Facilities

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы развития средств диагностики объектов железнодорожного транспорта. Предлагается расширить критерии классификации систем диагностики объектов железных дорог за счет степени влияния на безопасность движения и экономии расходов на текущее обслуживание и ремонт техники. Также выделяется несколько ключевых аспектов и проблем, влияющих на оптимальное развитие средств диагностирования: обособленное развитие средств диагностики для разных хозяйств, необходимость диагностирования объектов во время движения поездов и вождения тяжеловесных и длиннооставных поездов, наличие значительного количества ручных и визуальных способов диагностики, недостаточная достоверность контроля состояния объектов. Предлагается распределить все объекты на группы по их значимости и степени влияния на безопасность движения, условия перевозочного процесса и экономию ресурсов и для каждой группы установить глубину мониторинга и необходимый уровень (объем) регламентных работ.

Ключевые слова: системы железнодорожной автоматики и телемеханики, диагностика объектов, мониторинг, безопасность, человеческий фактор, классификация средств диагностики, цифровые технологии, искусственный интеллект, инструкция, техническая эксплуатация.

Abstract

The article considers the problems of the development of the means of diagnosing railway transport facilities. It is offered to widen the criteria of the classification of the system of the railways facilities diagnosing due to the influence degree upon the safety of movement and the cost savings for the current maintenance and equipment repair. Also, some key aspects and problems are emphasized which affect the optimal development of the diagnostical means: isolated development of the diagnostical means for various holdings, the necessity of diagnosing the facilities in the time of trains movement and heavy-haul and long trains, the presence of a great number of manual and visual means of diagnostics, unreliable control for the condition of the facilities. It is offered to divide all the facilities to groups according to their importance and their influence upon the safety of movement, the conditions of transportation process and the resource saving, and to set the monitoring depth and the necessary level (volume) of maintenance works for each group.

Keywords: systems of railway automatics and telemechanic, diagnostics of facilities, monitoring, safety, human factor, classification of diagnostical means, digital technologies, artificial intelligence, instruction, technical exploitation.

Авторы Authors

Накип Закиевич Сабиров, канд. экон. наук, младший научный сотрудник, Челябинский институт путей сообщения — филиал Уральского государственного университета путей сообщения (ЧИПС УрГУПС), Челябинск | **Шамиль Касымович Валиев**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург.

Nakip Z. Sabirov, candidate of economic sciences, research assistant, Chelyabinsk Institute of Railways – branch of the Ural State University of Railway Transport (ChIRT USURT), Chelyabinsk | **Shamil K. Valiev**, candidate of technical sciences, associate professor of the chair “Automatics, Telemechanic and Communication in Railway Transport”, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg.

Актуальность исследования вопросов развития средств диагностики объектов железнодорожного транспорта вызвана многообразием путей, способов и методов определения исправного состояния техники ввиду сложности самой инфраструктуры железных дорог, значением различных средств диагностики в обеспечении безопасности движения поездов. Диагностика играет большую роль в экономии эксплуатационных расходов, позволяет увеличивать сроки между разными видами неотложных, профилактических и капитальных ремонтных работ. Вместе с тем систематизация и развитие диагностических средств пока ведется в основном в рамках служб железнодорожного хозяйства (подвижной состав, энергоснабжение, путевое хозяйство, системы ЖАТ и другие), что несколько ограничивает возможности комплексного развития этих средств.

Научная новизна работы заключается в рассмотрении более полного набора критериев классификации систем диагностики объектов железных дорог, в расширении этих критериев за счет выделения в качестве ключевых не только степени влияния на безопасность движения, но и экономии ресурсов.

С учетом актуальности и научной новизны в качестве цели и задач исследования предусмотрено выделение ключевых аспектов и проблем, влияющих на оптимальное развитие средств диагностирования, рассмотрение некоторых теоретических вопросов в этой области знания, выработка предложений по совершенствованию классификации методов и способов используемых на железных дорогах диагностических средств. Применение разработанных положений и рекомендаций в хозяйственной практике позволит дополнить методологию планирования и улучшить качество развития систем диагностики объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта, повысить безопасность движения поездов, уменьшить расходы на текущее обслуживание и ремонт техники.

В качестве методов работы определены системный, логический и диалектический подходы для решения проблем, анализ, синтез, сравнение, обобщение и классификация.

В обеспечении развития и надежного функционирования железнодорожного транспорта важное место отводится постоянному наблюдению за состоянием объектов инфраструктуры, их диагностике как путям обеспечения не только безопасности движения поездов, но и серьезной экономии трудовых и других видов ресурсов железных дорог России. При этом оперируют двумя практически одинаковыми по смыслу понятиями — диагностика и мониторинг. Диагностика — от греческого «диагнозис» — определение, распознавание. Техническая диагностика — определение состояния объекта с указанием места, вида и даже в некоторых случаях причины возникновения дефекта. Система диагностики включает в себя методы, средства и людей. Мониторинг предполагает на-

блюдение, проверку и определение текущего состояния объекта для выявления изменений по сравнению с ожидаемыми или требуемыми показателями.

Системы мониторинга, как и диагностики, бывают периодическими, когда контроль осуществляется через определенные промежутки времени, и непрерывными, при которых контроль ведется постоянно. Кроме того, различают пассивную диагностику, осуществляющую только измерения параметров с последующим их анализом, а также активную, когда показатели мониторинга обрабатываются в ходе получения данных и сразу применяются в управлении технологическими процессами.

Цель диагностики в первую очередь в своевременном определении нарушений нормального функционирования технических средств, ухудшающих безопасность движения, требующих принятия неотложных мер по проведению конкретного набора профилактических работ для предотвращения отказов техники, в особенности аварийного характера. С другой стороны, возникает возможность изменить в сторону увеличения периодичность сроков выполнения многих мероприятий, связанных с текущим обслуживанием и всеми видами плановых ремонтов. Более того, создание надежных средств точной фиксации момента, после которого устройство может выйти из строя, позволяет выполнять обслуживание и ремонт техники по ее фактическому состоянию, а не в соответствии с регламентными сроками. Последнее обстоятельство прямо связано с экономией затрат.

При эксплуатации объектов инфраструктуры и средств их диагностики продолжает оставаться существенной роль человеческого фактора. Однако с развитием техники и технологий эта роль снижается, что особенно важно при реализации ответственных технологических процессов, которыми насыщен железнодорожный транспорт [1, 2]. Применение современных систем периодического и непрерывного контроля объектов, их совершенствование уменьшают роль человека в управлении перевозками [3], приводят к экономии трудовых ресурсов, облегчают умственную нагрузку людей.

Средства мониторинга в настоящее время чаще всего создаются под готовые нормативные документы (инструкции), т.е. идет не внедрение новых систем, а небольшая модернизация существующих. Отчасти можно согласиться с тем, что принципиально новых технических решений нет, а есть усложнение и удорожание действующих систем [4]. Также очевидно, что технологии искусственного интеллекта недостаточно используются при разработке систем диагностики на железных дорогах России, хотя их внедрение идет довольно интенсивно. Более того, данная проблема носит масштабный, мировой характер [5].

В России, как и в большинстве других стран, развитие диагностических комплексов идет по пути создания так называемых диагностических пирамид. В основании такой пирамиды лежит большое количество относитель-

но простых устройств измерения и сбора информации. По мере подъема к вершине пирамиды на разных уровнях они усложняются и дополняются различными средствами аппаратного и программного характера для обработки первичной информации с выдачей результатов на соответствующий уровень управления в оптимально необходимом количестве.

В настоящее время наблюдается интенсивное развитие и усложнение средств диагностики. Но при этом отдельные виды разрабатываются автономно, без достаточной унификации и связи с другими видами. Нередко происходит накопление лишней информации, что еще более усложняет существующие системы и делает их громоздкими, не соответствующими реальным требованиям. Можно выделить несколько ключевых аспектов и проблем, влияющих на оптимальное развитие средств диагностирования применительно к железнодорожному транспорту:

1. Сложность и разнообразие хозяйства инфраструктуры железных дорог, включающей объекты энергообеспечения, автоматики и телемеханики, путевые устройства, подвижной состав, искусственные сооружения и др., приводит к обособленному развитию, затрудняет и даже исключает возможность полной унификации систем их диагностики.

2. Необходимость диагностирования объектов не только в стационарном состоянии, но и во время движения поездов.

3. Расширение практики вождения тяжеловесных и длинносоставных поездов, развитие полигонов со скоростным и высокоскоростным движением требует новых подходов к диагностике.

4. Отсутствие единой отраслевой базы данных для оценивания текущих и ожидаемых параметров инфраструктуры и планирования на этой основе работ по текущему содержанию, реконструкции и различным видам ремонта устройств с целью минимизации затрат на эти цели.

5. Наличие значительного количества ручных и визуальных способов диагностики, съемных с пути установок снижает уровень их автоматизации и сервисных функций техники диагностирования, приводит к увеличению числа обслуживающего персонала и затрат по эксплуатации объектов инфраструктуры.

6. Недостаточная достоверность контроля состояния объектов, в особенности мостов, тоннелей и других инженерных сооружений, габаритов подвижного состава и приближения строений, плана и профиля пути.

Перечисленные проблемы определяют основные пути и направления совершенствования систем диагностики на железнодорожном транспорте за счет их автоматизации, создания унифицированных комплексов оценки текущего и прогнозирования будущего состояния технических средств. Естественно, все это возможно только при широком использовании цифровых тех-

нологий и искусственного интеллекта. Проведение таких мероприятий позволит не только уменьшить влияние человека на процесс принятия решений по обеспечению безопасности движения, но и значительно снизить затраты на содержание объектов инфраструктуры.

Примером успешной реализации этих задач может служить деятельность отечественной группы компаний «ТВЕМА», создающей комплексы по обеспечению безопасности движения на железных дорогах. За более чем тридцатилетнее существование ею создано несколько десятков современных инновационных продуктов. В их числе как достаточно простые ручные дефектоскопы — измерители дефектов рельсов, так и мобильные диагностические лаборатории, вагоны и поезда по комплексному обследованию объектов железнодорожной инфраструктуры, системы контроля подвижного состава менеджмента участков дорог, безопасности и оповещения бригад и т. д.

Серьезным достижением в области создания универсальных диагностических средств стало производство мобильных комплексов «ИНТЕГРАЛ», «СЕВЕР» и вагона-дефектоскопа ВД-УМТ-1, которые по своим параметрам не уступают зарубежным аналогам, а по некоторым показателям даже превосходят их.

Например, уникальность комплекса «ИНТЕГРАЛ» заключается в том, что он объединяет множество различных подсистем контроля, дающих возможность измерять и обрабатывать более ста параметров оценки состояния различных объектов железнодорожной инфраструктуры, включая хозяйство пути, автоматики и телемеханики, электрификации и электроснабжения, связи. Он заменяет сразу несколько диагностических лабораторий: вагон-дефектоскоп, скоростные станции по обследованию пути, тоннелей, вагоны контроля параметров контактной сети, средств железнодорожной автоматики и телемеханики, параметров радиосвязи. Комплекс также оборудован автоматизированной системой радиолокации земляного полотна и системой визуального обнаружения дефектов. Такой подход к совершенствованию мониторинга железнодорожной инфраструктуры, претендуя на некоторую комплексность, тем не менее имеет указанные выше недостатки, так как отчасти механически объединяет существовавшие ранее системы.

Переходя к классификации средств диагностики объектов железнодорожного транспорта, следует выделить и обосновать ключевые критерии такой систематизации. Традиционно при этом используется два подхода. При первом учет и создание диагностических приборов и комплексов осуществляется исходя из потребностей и объектов контроля конкретных хозяйств железных дорог: путь и путевое хозяйство с искусственными сооружениями; тяговый подвижной состав; вагоны и вагонный парк; хозяйство энергообеспечения; автоматика и телемеханика с системами управления движением поездов; пассажирские устройства; гражданские сооружения.

Второй подход основывается на выделении и использовании различных методов диагностики, опирающихся на определенные физические законы и процессы: инфракрасное излучение, теория магнитных полей и силовых линий, звуковые колебания с различной частотой, возникновение и прохождение электрических сигналов, радиоволн, оптические и лазерные процессы и некоторые другие. Именно на этой основе функционирует абсолютное большинство диагностических методов и устройств, включающих в себя как простое визуальное наблюдение за прохождением подвижного состава или прослушивание характера звука после удара молоточком по металлическим частям вагонов, так и сложные дефектоскопы и приборы обнаружения нагрева букс, дефектов рельсов, колес и других частей вагонов и локомотивов, соблюдения габаритов приближения строений и подвижного состава и ряд других, включая рельсовые цепи. Последние не только являются важнейшим элементом в системах управления движением поездов, но и выполняют ключевую функцию в контроле целостности рельсов.

В настоящей работе не ставится задача перечисления и описания всех используемых и разрабатываемых на железнодорожном транспорте систем и приборов дефектоскопии и мониторинга. Важно рассмотреть ключевые проблемы, решение которых позволит целенаправленно и эффективно развивать эту сферу производственной жизни, обеспечивая высокий уровень безопасности движения и серьезную экономию ресурсов.

Можно провести иерархическую классификацию как самих устройств, так и средств их диагностики с выделением тех из них, неисправность которых не приведет к серьезным и опасным нарушениям всего технологического процесса перевозок, а контроль их исправного состояния, кроме того, дублируется. К ним, в частности, можно отнести лампочки светофоров. Для таких устройств вообще не нужны диагностические и профилактические плановые работы, а их ремонт или полную замену можно проводить по вполне определенным срокам или только в случае отказа и возникновении неисправности. С другой стороны, например, исправность железнодорожных рельсов должна контролироваться постоянно и непрерывно.

Таким образом, все объекты можно распределить на группы по их значимости и степени влияния на безопасность движения и условия перевозочного процесса. По каждой такой группе вполне реально установить глубину мониторинга и предельно необходимый уровень (объем) регламентных работ. На реализацию такого подхода претендуют многие инструкции по обеспечению безопасности движения и техническому обслуживанию устройств железнодорожного транспорта, которые для разных объектов устанавливают различные сроки проверок и виды регламентных работ. Однако значительная часть этих инструкций и предусмо-

тренных в них мероприятий носит избыточный и страховочный характер. Зачастую они составляются на основе интуиции экспертов и опыта практических работников, а не путем глубокого научного обоснования и нередко носят формальный характер.

Так, например, инструкция по технической эксплуатации устройств и систем сигнализации, централизации и блокировки пересматривается, дополняется и утверждается с короткими интервалами от одного года до нескольких лет. Однако ее содержание меняется в основном только в части удлинения периодичности выполнения работ. В настоящее время интервал выполнения большинства работ составляет от одного раза в три месяца до трех лет. Возникают вопросы о целесообразности выполнения ежегодного или даже ежеквартального профилактического мероприятия, объективности установления этих периодов. О формально-интуитивном определении сроков работ говорит и тот факт, что в качестве интервалов выбраны неделя, месяц, квартал, год, хотя в приложении к инструкции ее разработчики ссылаются на методику УППАН расчета периодичности выполнения работ по техническому обслуживанию устройств и систем железнодорожной автоматики. Очевидно, что при строгом расчете на основе статистических данных по интенсивности отказов конкретных устройств вариация сроков работ, скорее всего, строго не уложится в указанные календарные сроки. Это сделано для удобства составления и унификации графиков обслуживания технических средств, что не умаляет формального характера содержания отдельных частей инструкции.

Результаты значительной части работ, предусмотренных инструкциями, как правило, предсказуемы, и нередко они проводятся недоброкачественно, а в отдельных случаях не проводятся вообще [6]. Такое положение дел подтверждают, например, работники, которые на практике занимаются обслуживанием устройств электрической централизации и автоблокировки. Они отмечают необходимость регулярной проверки рельсовых цепей на чувствительность при наложении на них шунта, стрелок на прижатие остряка к рамному рельсу, видимости светофоров, проводят измерения напряжения, токов и сопротивления в электрических цепях нередко с фиксацией этих действий в журналах или электронном виде, выполняют множество других рутинных работ. При этом очевидно, что зафиксированное состояние объекта после его контроля может измениться в любой последующий момент.

Вопрос в том, нужно ли вообще выполнять ненужные, нецелесообразные действия. Даже то, что в настоящее время системы мониторинга объектов железнодорожной инфраструктуры во многом автоматизированы и целый ряд измерений параметров осуществляется без участия человека, не решает проблемы. Задача не столько в том, чтобы своевременно выявить и устранить дефект, — важнее определить, какое время

устройство будет функционировать безотказно, в какой момент нужно произвести те или иные ремонтные, профилактические работы, в действительности установить точный остаточный ресурс техники, время ее замены. Проблема достаточно сложная и вряд ли решается в ближайшее время и в полном объеме для абсолютно всех объектов железных дорог. Однако двигаться в этом направлении необходимо.

На основании изложенных в статье положений можно сделать следующий вывод. При разработке диагностических средств железнодорожной инфраструктуры следует делать упор не только на сложившуюся прак-

тику систематизации и развития этих средств по видам хозяйств и функциональному назначению техники (объекты энергоснабжения, путевые устройства, системы автоматики и телемеханики, подвижной состав и т.д.). Следует также решать вопрос о том, в какой мере обслуживать или не обслуживать вообще те или иные устройства, диагностировать или не диагностировать их. Это позволит внести кардинальные изменения в действующие инструкции и добиться ощутимых результатов в экономии материальных и трудовых ресурсов, обеспечивая при этом необходимый уровень безопасности перевозок. **ИТ**

Список литературы

1. Розенберг Е. Н., Уманский В. И., Дзюба Ю. В. Цифровая экономика и цифровая железная дорога // Транспорт Российской Федерации. 2017. № 5. С. 45–49. ISSN 1994-831X.
2. Розенберг Е. Н., Уманский В. И., Дзюба Ю. В. От систем автоматики до интеллектуальных систем управления // Автоматика, связь, информатика. 2017. № 11. С. 7–11. ISSN 0005-2329.
3. Саложников Вл. В., Лыков А. А., Ефанов Д. В. Понятие предотказного состояния // Автоматика, связь, информатика. 2011. № 12. С. 6–8. ISSN 0005-2329.
4. Никитин А. Б. Совершенствование диагностики систем ЖАТ // Автоматика, связь, информатика. 2015. № 11. С. 14–15. ISSN 0005-2329.
5. Railway Safety in the European Union. Safety overview 2017. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2017. 47 p.
6. Ефанов Д. В., Богданов Н. А. Автоматизация контроля на стрелках // Мир транспорта. 2011. Т. 9, № 2. С. 54–59. ISSN 1992-3252.

References

1. Rosenberg E. N., Umansky V. I., Dzyuba Yu. V. Digital economy and digital railway // Transport of the Russian Federation. 2017. No. 5. P. 45–49. ISSN 1994-831X.
2. Rosenberg E. N., Umansky V. I., Dzyuba Yu. V. From automation systems to intelligent control systems // Automation, communications, informatics. 2017. No. 11. P. 7–11. ISSN 0005-2329.
3. Sapozhnikov V. V., Lykov A. A., Efanov D. V. The concept of a pre-failure state // Automation, communications, informatics. 2011. No. 12. P. 6–8. ISSN 0005-2329.
4. Nikitin A. B. Improvement of diagnostics of JAT systems // Automation, communication, informatics. 2015. No. 11. P. 14–15. ISSN 0005-2329.
5. Railway Safety in the European Union. Safety overview 2017. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2017. 47 p.
6. Efanov D. V., Bogdanov N. A. Automation of control on arrows // World of transport. 2011. Vol. 9, No. 2. P. 54–59. ISSN 1992-3252.



**Алексей Васильевич
Завадич**
Alexey V. Zavadich



**Александр Васильевич
Смолянинов**
Alexander V. Smolyaninov

Основные конструктивные изменения четырехосной гондолы грузоподъемностью 60–62 тонны с деревянной обшивкой, выполненные в период с 1949 по 1963 год (модернизация модели 12-37 и создание модели 12-515)

Principal Construction Changes of Four-Axle Gondola with Carrying Capacity 60-62 Tons with Wooden Cover, Produced from 1949 to 1963 (Modernization of Model 12-37 and Model 12-515 Creation)

Аннотация

Статья продолжает серию публикаций о разработке и проектировании конструкций вагонов и их элементов на Уралвагонзаводе и охватывает период с 1949 по 1963 г. Рассматриваются конструктивные изменения по боковым стенам и установке на полувагоны новых ходовых частей: бес-связевых тележек моделей М-44 и МТ-50, а в последующем тележки ЦНИИ-ХЗ. Приведены конструктивные изменения автосцепных устройств узла «пятник — подпятник». Важным этапом данного периода является применение низколегированной стали 09Г2 для изготовления хребтовой балки: зет № 31 и двутавр № 19, а в последующем для всех несущих элементов кузова вагона, торцевых дверей и крышек люков. Применением стали 09Г2 удалось снизить чистый вес деталей почти на одну тонну на вагон. За счет снижения чистого веса тары полувагона, связанного с отменой буферов, изменением конструкции передней балки и фермы боковой стены, уменьшением толщины деталей, увеличена грузоподъемность полувагона с 60 до 62 тонн.

Ключевые слова: Уралвагонзавод, гондола (полувагон), кузов и его элементы, ходовые части, рама, стены полувагона, тормозное оборудование.

Abstract

The article continues the series of publications about the development and designing the construction of cars and their elements in Uralvagonzavod and covers the period from 1949 to 1963. It considers the changes in the construction on side walls and set of new running parts to gondola cars: tieless trolleys of models M-44 and MT-50 and later, trolleys TsNII-X-3. Construction changes of automatic coupling of a node device “central bearing – thrust bearing” are shown. An important part of the period is the use of low-alloy steel 09G2 for the production of a center girder: zet № 31 and beam № 19, and later, to all body bearing components, end doors and manhole covers. Due to the implementation of steel 09G2 it was possible to reduce the fine weight of components almost to one ton of a car. Due to the fine weight reduce of the tar of a gondola car connected to the buffer removal, weight capacity of gondola cars was increased from 60 to 62 tons.

Keywords: Uralvagonzavod, gondola car, body and its elements, running parts, frame, gondola car walls, braking equipment.

Авторы Authors

Алексей Васильевич Завадич, с 1937 по 1987 г. инженер-конструктор бюро проектирования кузовов полувагонов Уральского конструкторского бюро вагоностроения (УКБВ) | Александр Васильевич Смолянинов, д-р техн. наук, профессор кафедры «Вагоны», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: asmolyaninov@inbox.ru

Alexey V. Zavadich, from 1937 to 1987, design engineer of the gondola car body design bureau, the Ural car building design bureau (UCBDB) | Alexander V. Smolyaninov, doctor of technical science, professor, «Wagons» department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: asmolyaninov@inbox.ru

1. Конструктивные изменения, выполненные в 1949 г., по сравнению с конструкцией 1948 г. [1]

а) вместо промежуточной штампованной из листа 6 мм стойки и средней стойки из зета № 10 введена спецпрокатная рельсообразная стойка 100×120×50×8 мм (рис. 1);

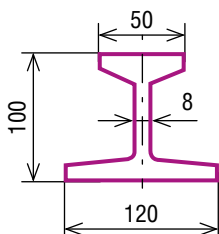


Рис. 1. Сечение спецпрокатной стойки

б) внизу спецпрокатных стоек введен скос высотой 100 мм, по условиям техники безопасности;

в) введена короткая обшивка кузова: 1700-3500-1700-3500-1700 вместо 3500-5120-3500 мм;

г) сняты масленка и маслопровод для смазки пятника;

д) введена магистральная труба тормоза дюйм с четвертью (1¼") вместо одного дюйма (1");

е) ширина верхних листов поперечных балок принята 180 мм вместо 160 мм для гарантированного перекрытия крышек люков верхними листами;

ж) введена безсвязевая тележка М-44 (рис. 2).

а) штампованная фирменная доска из листа толщиной 3 мм заменена литой стальной толщиной 10 мм;

б) боковая обвязка крышки люка из уголка 75×75×10 мм заменена уголком 100×75×8 мм;

в) закидка люка принята с удлиненной нижней частью. Удлинение нижней части закидки позволяет ей при подъеме крышки пневматикой на эстакадах после выгрузки не упираться в полку кронштейна крышки, а соскальзывать с нее, т.е. механизировать подъем крышек люков после выгрузки на эстакадах (рис. 4);

г) введены упоры люка с открытым гофром вместо закрытого;

д) введена торцевая (лобовая) дверь с прямым нижним поясом вместо изогнутого, в связи с этим:

- изогнутый порог по длине передней балки заменен прямым того же сечения 8×80 мм;
- угольник петель 75×75×8 мм принят из уголка 90×60×8 мм и без подштамповки внизу, одновременно в угольнике снята зенковка отверстий под болты, и в креплении обшивы болты с потайной головкой заменены на болты с обычной головкой; отменены шайбы ½" по дереву под головки гаек;

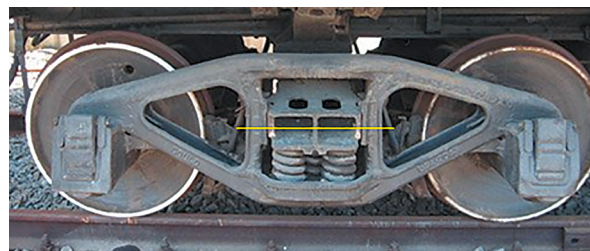


Рис. 2. Безсвязевая тележка М-44

2. Конструктивные изменения, выполненные в 1950 г., по сравнению с конструкцией 1949 г.

1. Тележка:

а) введена безсвязевая тележка МТ-50 (связь снята, букса отливается отдельно от боковой рамы тележки) (рис. 3);

б) для смазки шейки оси вместо подбивки концами принято смазывание с помощью польстера.

2. Автосцепка:

а) крепление клина тягового хомута принято планкой-замком вместо крепления болтами;

б) введен колокольный буферный стакан;

в) введена литая планка, поддерживающая фрикционный аппарат, взамен планки из проката с двумя приклепанными направляющими.

3. Тормоз:

а) головки тяг тормоза приняты кованные, приваренные к стержню контактной сваркой встык по ГОСТ 1675-42 (взамен приварки двух щек-планок).

4. Кузов:

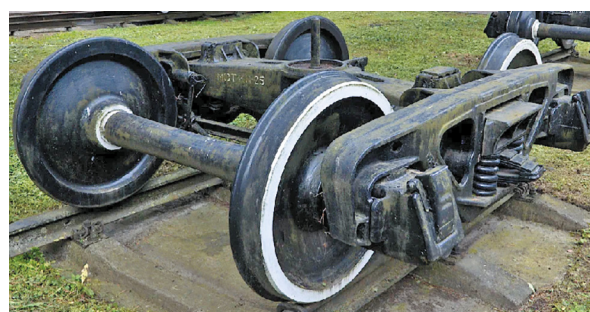


Рис. 3. Безсвязевая тележка МТ-50

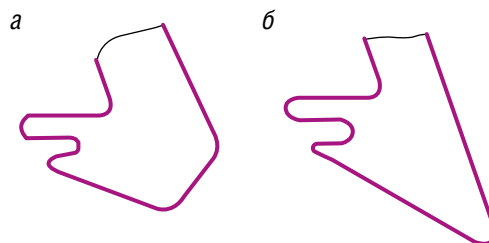


Рис. 4. Вид закидки крышки люка до (а) и после (б) модернизации

- пояс нижний прямой из зета № 10 100×75×6,5 мм вместо изогнутого из уголка 100×75×10 мм ОСТ 10015–39 и приваренного к нему на конце угольника 75×75×10 мм;
- усилена верхняя петля двери: петля из уголка 90×90×12 мм заменена полосой толщиной 12 мм, приваренной к верхнему поясу.

3. Конструктивные изменения, выполненные в 1954 г.*, по сравнению с конструкцией 1950 г.

1. На всех детальных и сборочных чертежах нанесены технические требования, согласованные с цехами и отделом главного технолога.

2. Конструкция рамы:

а) хребтовая балка принята с расстоянием между стенками зетов 350 мм вместо 327, при этом зет с размерами 310×174×125×11×11×20 мм (рис. 5, а) заменен на зет 310×185×125×11×11×20 мм (рис. 5, б);

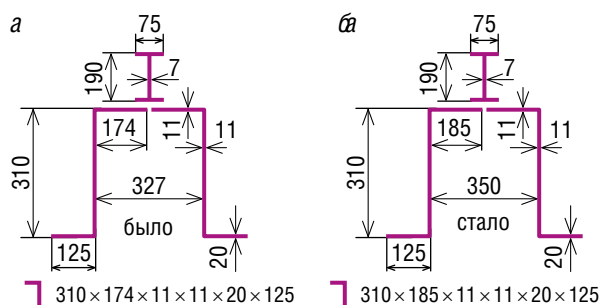


Рис. 5. Модернизация хребтовой балки

б) между угольниками автосцепки введены планки против истирания толщиной 10 мм, прикрепляемые к стенкам зетов заклепками. При этом стенки зетов хребтовой балки не изнашиваются поглощающим аппаратом автосцепки, а изнашиваются сменные планки против истирания, которые при предельном износе легко заменить;

в) в шкворневом узле угольник под пятником 90×90×12 мм заменен на угольник 150×100×12 мм, и крепление его к зету хребтовой балки принято на 8 заклепок вместо 6;

г) передние и задние угольники (кронштейны) автосцепки увеличены по высоте передней части на 10 мм. До перехода на новые угольники используются старые с подкладкой под них планок толщиной 10 мм;

д) державки петель люка на хребтовой балке приняты в трех вариантах: гнутая из полосы толщиной 14 мм

(основной вариант), кованая, литая. Крепление петель на двутавре хребтовой балки принято заклепками диаметром 16 мм.

2. Дюймовая резьба на болтах и гайках заменена на метрическую.

3. Введен новый тормоз Матросова с воздухораспределителем МТЗ-135.

4. Введена усиленная ось колесной пары. Диаметр подступичной части увеличен с 132 мм на 190 мм.

4. Конструктивные изменения, выполненные в 1955 г., по сравнению с конструкцией 1954 г.

1. Введена двухосная тележка ЦНИИ-ХЗ вместо двухосной тележки МТ-50. Тележка ЦНИИ-ХЗ бесшарнирная, литая, сочлененная с пружинным амортизатором и клиновым гасителем колебаний (вместо рессор в пружинно-рессорном комплекте прежних тележек) (рис. 6).

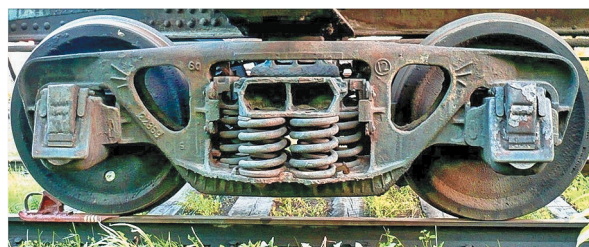


Рис. 6. Тележка ЦНИИ-ХЗ

2. Введено цельнокатаное колесо диаметром 950 мм вместо чугунного колеса с отбеленным ободом (колеса Гриффина) диаметром 900 мм.

3. Введена сварка ответственных узлов электродами типа Э-42, Э-42А, Э-50 под слоем флюса вместо сварки электродами с меловой обмазкой типа Э-35.

4. Введена подножка сцепщика с креплением каждой ветви на два болта вместо одного и с нижней ступенькой из рифленого железа вместо ступеньки из гладкой полосы.

5. Усилена в верхней части наклонная полоса кронштейна тормозного цилиндра с целью усиления кронштейна и его заделки.

6. Введена установка увязочных колец внизу кузова.

7. В креплении валиков крышек люков перед шплинтом введены шайбы.

8. Введен усиленный верхний пояс фермы — швеллер 130×85×8 мм вместо ОСТовского швеллера 140×60×8.

*В 1951, 1952, 1953 гг. и по III квартал 1954 г. четырехосные полувагоны (гондолы) на Уралвагонзаводе не изготавливались.

9. Введены усиленные 9-гофрированные (вместо 6-гофрированных) крышки люка, с передней частью, усиленной угольником 75×75×6 мм, и с гофром по задней кромке.

10. Верхний запор торцевых дверей — клин и направляющие вместо откидного крюка.

5. Конструктивные изменения, выполненные в 1956 г., по сравнению с конструкцией 1955 г.

1. Введены объединенные кронштейны автосцепки:
а) задние — объединены в одну отливку;
б) передние — объединенные в одну отливку между собой и с розеткой.

2. Введена надпятниковая отливка (открытая высотой 190 мм) вместо двух диафрагм толщиной 16 мм и двух угольников 150×100×12 мм и облегченный пятник рамы вместо усиленного.

3. Введен сектор, отштампованный заодно с пальцем, вместо сектора с приварным пальцем.

4. Зазор по контуру крышки люка в закрытом положении принят принят 0–5 вместо 0–8 мм.

6. Конструктивные изменения, выполненные в 1957 г., по сравнению с конструкцией 1956 г.

1. Введена механическая обработка средней части оси.

2. Сняты буфера, но конструкции передней балки и боковой стены оставлены без изменения.

3. Зет № 31 хребтовой балки из НЛ-2 с 01.09.1956 в количестве 2400 штук установлен на хребтовую балку, потом вернулись к СтЗ. Сталь 09Г2Д по ЧМТУ-5688-56 с 1957 г.

4. Введен ящик единой разметки вместо паспортного ящика.

5. Увязочные кольца по нижнему поясу фермы и порогу передней балки.

6. Усиление 9-гофрированных крышек люков под петлями путем введения планки под петли с двумя продольными гофрами на участках между петлями.

7. Предусмотрено введение низколегированной стали 09Г2 вместо углеродистой стали СтЗ. Разработано для опытных образцов три этапа внедрения низколегированных сталей:

1) первый этап — хребтовая балка: зет № 31 и двутавр № 19;

2) второй этап — рама и боковая стена;

3) третий этап — боковая стена, рама, торцевые двери и крышки люков.

7. Конструктивные изменения четырехосной гондолы грузоподъемностью 60–62 тонны с деревянной обшивкой (модель 12-37), выполненные в 1958 г., по сравнению с конструкцией 1957 г.

1. Верхние скобы лесных стоек полукруглой формы вместо прямоугольной.

2. Введена усиленная ось.

3. Отменен ящик единой разметки.

4. Промежуточные раскосы из стали 09Г2 взяты толщиной 6 мм вместо 5 мм.

5. По согласованному чертежу передней балки 37.02.084-2 и фермы к нему 37.02.629-7 изготовлено 300 полувагонов с литой передней балкой; со скошенным лобовым листом (общий вид вагона по черт. 37.00.005-5, рама — 37.02.005-9, кузов — 37.01.003-6).

6. Изготовлена партия полувагонов со скошенной передней балкой по предложению Крюковского вагоностроительного завода по чертежу передней балки 37.02.060-3, рамы — 37.02.002-4, кузова — 37.01.001-3, общий вид — 37.00.001-3.

7. Ввиду технологических трудностей изготовления литых передних балок, а также подгонки по установке торцевых дверей в части их прилегания к порогу на передней балке завод не изготовил 3000 полувагонов со скошенной передней балкой.

8. Была разработана конструкция и согласована ЦВ МПС опытно-промышленная партия в 3000 полувагонов протоколом от 26 августа 1958 г. по чертежу общего вида 37.00.005-3, кузов — 37.01.003-4 (3-й этап — полувагон из низколегированной стали). В данной конструкции передняя балка обычная, без скоса лобового листа.

В связи со снятием буферов изменена конструкция рамы и боковой стены (фермы). Значительно облегчена передняя балка и ферма. Основные несущие детали полувагона приняты из стали марки 09Г2, имеющей предел текучести в 1,5 раза выше предела текучести углеродистой стали и более высокую антикоррозийность. В связи с этим уменьшена толщина основных несущих деталей на 1–2 мм: с 12 на 10; с 10 на 8; с 12 на 10; с 8 на 6 или 7; с 6 на 5; с 5 на 4. Толщина крышки люка уменьшена с 6 на 5 мм, лобового листа — с 10 на 7 мм, нижний лист шкворневой балки — с 12 на 10 мм, скобы закидок люков — с 12 на 10, вертикальные листы поперечных балок — с 8 на 6 или 7, упоры люка на раме — с 12 на 10, вертикальные листы шкворневой балки — с 10 на 8, угловые стойки — с 8 на 6, угольник нижнего пояса — с 12 на 10 и т.д.

За счет введения стали 09Г2 уменьшился чистый вес деталей на 940 кг на вагон.

В связи со снятием буферов облегчена передняя балка и ферма.

На передней балке:

- увеличен скос по низу лобового листа;
- снята планка под буферный стакан;
- сняты отверстия для буфера и крепления буферного стакана;
- снят угольник, усиливающий вырез нижнего листа под автосцепку;
- нижний лист выполнен без усиливающей отгибки и шириной 280 вместо 330 в районе хребтовой балки;
- в месте заделки угловой стойки по концам передней балки снята мощная угловая коробка и заменена меньшей по высоте и значительно облегченной накладкой;
- в местах постановки буферных стаканов снято по одному ребру между верхним и нижним листом передней балки;
- изменена конструкция литого упора люка на передней балке в связи с изменением наклона нижнего листа;
- в связи с изменением наклона нижнего листа изменена также высота ребер, соединяющих верхний и нижний листы передней балки.

Зет № 31 принят по черт. проф. Э-50-79 (310×130×174×9×10,5×16) и двутавр № 19 принят Э-50-16 (190×75×5,5). По хребтовой балке снижение веса 235 кг.

По ферме:

- специальный прокат стойки рельсообразный, принят по черт. проф. Э-50-26-1;
- на участке между угловой и шкворневой стойкой с нижнего пояса снят штампованный с горизонтальной отгибкой вертикальный лист фермы;
- в связи с отсутствием вертикального листа фермы шкворневая стойка фермы принята без подштамповки внизу для обхода толщины вертикального листа.

В связи с отменой вертикального листа фермы отменены 4 надтележечные крышки люков и заменены средними крышками, т.е. все 14 крышек люков на полувагоне стали одинаковыми. По раме и кузову снижение чистого веса 705 кг.

9. Разработаны и начали проходить всесторонние и ударные на копре испытания для отработки усиленной конструкции крышек люков полувагона.

Принята усиленная конструкция крышки люка из низколегированной стали 09Г2 с каркасом из гнутых профилей толщиной 4 мм со средней усиливающей балкой. Шестигофровая крышка люка с толщиной обшивки 5 мм. Обшива люка приваривается к каркасу контактной точечной сваркой. Новая крышка люка легче по весу на вагон

на 70 кг, по расходу проката на 140 кг и по прочности (по количеству ударов «бабой» весом в 270 кг с высоты 1,8 м) прочнее старой в шесть раз.

8. Конструктивные изменения четырехосной гондолы грузоподъемностью 63 тонны с деревянной обшивкой (модель 12-37), выполненные в 1959 г., по сравнению с конструкцией 1958 г.

1. Введен гнутый порог двери из листа толщиной 5 мм или из гнутого профиля Э-50-179-1 (рис. 7).

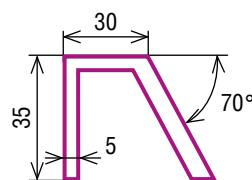


Рис. 7. Сечение порога двери

2. Введено крепление скоб закидок к нижнему поясу боковой стены заклепками диаметром 16 мм вместо болтов М16.

3. Нижний пояс фермы из угольника 160×100×10 вместо 150×100×10 мм в связи с изменением ГОСТа на уголки.

4. Кронштейн крышки люка из уголка 75×75×9 мм с усиливающей планкой полки вместо 75×75×12 в связи с изменением ГОСТа на уголки.

5. Ужесточены зазоры между крышками люков по периметру верхних листов балок рамы до 3 мм вместо 5 мм на участке между закидками, в углах — 8 мм, вместо 8 мм по периметру.

6. В дверном проеме 2 раскоса и косынка заменены стойкой корытной 200×100×5 мм.

7. Введена уплотняющая накатка средней части и шеек оси.

8. Внедрение износоустойчивых втулок в шарнирные соединения рычажной передачи тормоза (15 втулок).

9. Внедряются безбуферные конструкции рамы и кузова с основными деталями из низколегированной стали. Снижение нормы горячего проката на 667 кг.

10. В течение 1959–1965 гг. внедряется крышка люковая шестигофровая толщиной 5 мм из стали 09Г2, с каркасом из гнутых профилей и средней балочкой в каркасе с литыми кронштейнами закидки вместо приварных из уголка 75×75×9 мм с усилением полки планкой с приваркой листа крышки к каркасу контактной точечной сваркой. Снижение нормы горячего проката 84,5 кг на вагон. На период освоения 6-гофровых кры-

шек на полувагоны ставятся как 9-гофровые так и 6-гофровые крышки.

11. Подшипники скольжения с увеличенным углом охвата.

12. Аппарат поглощающий Ш-1-Т.

13. Боковые скользуны тележки ЦНИИ-ХЗ-О с боковым креплением.

14. Введена резиновая пылевая шайба.

15. Облегченные шкворневые балки тележки ЦНИИ-ХЗ-О.

16. Стальная штампованная крышка буксы.

17. Автосцепка СА-3 без уха.

9. Конструктивные изменения, внесенные в конструкцию четырехосного полувагона модели 12-37 в течение 1960 г.

1. Введение усиленного запора торцевых дверей за счет усиления клина и планки сверху направляющих.

2. Введение полностью усиленного гнутого порога вместо порога из полосы 8×80 мм.

3. Введение оборудования полувагонов торсионными для облегчения подъема крышек люков — безшлицевыми одинарными.

4. Введены усиленные концевые накладки в передние балки рамы.

5. Изменена конструкция промежуточной и средней балки рамы (разманкованная часть нижнего угольника поперечной балки без затруднений накладывается сверху на нижний лист поперечной балки, проходящей через стенки зетов хребтовой балки).

6. Для изготовления деталей торцевых дверей принята низколегированная марка стали 09Г2 вместо Ст3, в связи с чем изменились детали дверей в сторону утонения и снижения веса с увеличением прочности.

7. Изменена конструкция втулки запорного сектора (втулка из трубы диаметром три четверти дюйма заменена втулкой из двух частей по длине, изготавливаемой холодной штамповкой). Изменение связано с введением более точной посадки сектора.

8. Часть полувагонов оборудуется роликовыми подшипниками по мере их поступления на завод.

9. По требованию заказчика крепление дверной скобы восстановлено при помощи шплинта и гайки вместо шайбы и шплинта.

10. Допущена постановка полотна (листа) крышки люка толщиной 6 мм из стали Ст3 вместо толщины 5 мм из стали 09Г2.

11. Введен вертикальный поручень в районе подножки сцепщика на угловой стойке.

12. Введена тележка ЦНИИ-ХЗ-О по II этапу облегчения.

13. С целью усиления шкворневого узла введены наклонные ребра, соединяющие зет хребтовой балки с вертикальными листами (шкворневая балка одностенчатая), и введены удлиненные накладки, соединяющие двутавр с зетом хребтовой балки и опущенные на стенку зета.

14. Введены электроды не ниже Э-42, электроды типа Э-34 (меловая обмазка) для сварки полувагона исклочены.

15. Введено уплотнение торцевых дверей по угловым стойкам и в створе.

16. Средние и промежуточные стойки фермы введены облегченные из рельсообразного проката из стали 09Г2 по черт. проф. Э-50-26-1 вместо стойки с большими размерами сечения из стали Ст3 по ГОСТ 5267-50.

17. Введен привод стояночного тормоза с быстрым отпуском.

18. Изменена конструкция верхней петли дверей, и усилено ее крепление к двери (петля принята из полосы толщиной 12 мм вместо изготовления ее из уголка 90×90×12 мм).

19. На крышках люка 9-гофровых введено усиление планками полок угольников, из которых изготавливаются кронштейны для закидок (так как в новом ГОСТе на уголки нет уголка 75×75×12, а только 75×75×9 мм, полка толщиной 9 мм оказалась слаба).

20. На крышках люка 6-гофровых усиленных с каркасом из гнутых профилей и контактной точечной сваркой предусмотрены более мощные литые кронштейны, крепящиеся к крышке люка заклепками диаметром 16 мм.

21. Ужесточены зазоры по контуру между крышкой люка и элементами рамы до 3 мм вместо 5 мм между закидками и 8 мм в углах, вместо зазора до 8 мм по всему периметру. Введено два типа секторов. Позднее принят зазор 2 мм на участке между закидками, 4 мм по периметру и 5 мм в углах на длине 40 мм.

22. Уменьшено расстояние между кромками кронштейнов крышки люка с 740 до 730 мм (для обеспечения плотного прилегания сектора к закидке и закидки к кронштейну крышки люка).

23. Введены усиленные концевые накладки рамы (цельноштампованные).

24. За счет замены углеродистой стали по ГОСТ 380-60 на низколегированную сталь 09Г2 ГОСТ 5052-57 и уменьшения поперечного сечения деталей за счет этой замены по толщине при увеличении прочности снижен чистый вес на 940 кг.

За счет снижения чистого веса тары полувагона, связанного с отменой буферов, изменением конструкции передней балки и фермы, уменьшением толщин деталей — увеличена грузоподъемность полувагона с 60 до 62 тонн.

10. Конструктивные изменения, внесенные в конструкцию четырехосного полувагона модели 12-37 в течение 1961 г.

1. Введен новый усиленный верхний пояс фермы из стали 09Г2, специальный швеллер 130×80×6 мм вместо швеллера 130×85×8 мм из углеродистой стали Ст3.
2. Введены накладки, соединяющие нижние пояса поперечных балок рамы со стойками фермы (планки для поддомкрачивания или опоры для ставлюг).
3. Введена окраска внутренних поверхностей штампованных стоек.
4. Введены стойки торцевых дверей из низколегированной стали сечением по ГОСТ5267–50, т.е. как и стойки из Ст3 — зет 100×75×6,5 мм.
5. На передней балке под угловой стойкой между верхним и нижним листом введено ребро для усиления жесткости заделки угловой стойки (рис. 8, а).
6. Толщина накладок, соединяющих двутавр с вертикальными листами и охватывающих зеты хребтовой балки, увеличена с 6 до 8 мм (рис. 8, б).

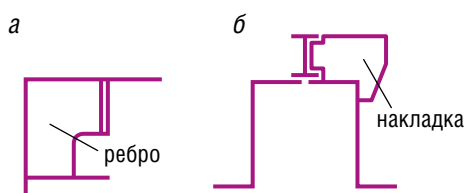


Рис. 8. Элементы усиления жесткости рамы: а — ребро; б — накладка

7. Введен сектор с увеличенной рабочей частью.
8. Введен автоматический регулятор выхода штока поршня тормозного цилиндра.
9. Введен подшипник скольжения с увеличенным углом охвата шейки оси (108° и 146° вместо 93°).
10. Аппарат поглощающий Ш-1-Т по черт. 70.35.012 вместо черт. 48.06.7сб-1.

11. Конструктивные изменения, внесенные в конструкцию четырехосного полувагона модели 12-37 в течение 1962 г.

1. Усилены упоры люка из стали 09Г2, увеличена толщина листа с 10 на 12 мм, 12×160 мм вместо 10×160.
2. Облегчена стойка средней панели фермы (дверного проема). Введен корытообразный профиль (Э-50-83) 4×60×180 мм вместо 5×100×200 (высота профиля 60 мм вместо 100 мм, толщина стенки 4 мм вместо 5 мм).

3. Средняя стойка торцевых дверей принята штампованной корытообразной вместо изготовления из зета № 10.

4. Ступеньки лестницы на боковой стене приняты из прутка диаметром 16 мм вместо 20 мм.

5. Усилен нижний запор торцевых дверей — принята кованая вертушка вместо вертушки из уголка 50×50×5 мм.

6. Размер между кронштейнами крышки люка сно-ва установлен 740 мм вместо 730 мм.

7. Введена усиленная замкнутая надпятниковая коробка шкворневого узла, доведенная до верхней полки зета хребтовой балки, с охватом всего ее внутреннего контура вместо коробки высотой 190 мм.

8. Установлены дополнительные ребра жесткости в порог двери.

9. Введены облегченные цельнокатаные колеса с толщиной обода 70 мм.

В 1962 г. завод выпускает 4000 полувагонов с усиленными крышками люков шестигранными с каркасом из гнутых профилей. Каркас сварен электродуговой сваркой, крышка люка приварена к каркасу контактной точечной сваркой.

12. Конструктивные изменения, внесенные в конструкцию четырехосного полувагона модели 12-37 и модели 12-515 в течение 1963 г.

1. Введен усиленный профиль двутавра хребтовой балки по черт. профиля Э-50-182 вместо черт. профиля Э-50-16 (толщина стенки 7 мм вместо 5,5 мм).

2. Усилен шкворневой узел:

- принята двухстенчатая шкворневая балка вместо одностенчатой (два вертикальных листа в сечении вместо одного).
- введена накладка на нижнюю полку зета хребтовой балки со стороны консоли.
- введена сварка шкворневого узла электродами типа Э-50-А, УОНИИ 13/50 или АНО-1 вместо сварки электродами типа Э-42.

3. Введен усиленный вторично клин верхнего запора торцевых дверей.

4. Введено усиленное крепление пятников рамы — для крепления пятников принята заклепка диаметром 25 мм вместо заклепок 22 мм.

5. Введен замкнутый верхний пояс фермы из гнутых профилей (рис. 9). Чертеж проф. Э-50-137-1 — для верхнего пояса и для накладки — проф. 8 ГОСТ 1463 вагонов 5-69 (Э-50-168) вместо швеллера из стали 09Г2 130×17×6 мм.

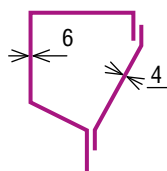


Рис. 9. Сечение верхнего пояса боковой стены

6. Введен кронштейн для подтягивания вагонов.
7. Введены роликотопшпипники диаметром 250 мм вместо 280.
8. Введены накладки на двутавр хребтовой балки, доходящие до верхнего листа шкворневой балки и сваренные с ним (топорики).
9. Верхние листы поперечных балок рамы выполнены шириной 170 мм вместо 180 с гофрами для опоры на них длинномерных грузов.
10. Введены ребра жесткости на концах передних балок в местах наложения хобота толкателя башенного вагонопрокидывателя.
11. Введена обработка надпятниковой коробки совместно с зетами хребтовой балки.
12. Усилена угловая стойка за счет удлинения передней отбуртовки и приварки ее непосредственно к лобовому листу.
13. Введен габарит по новому ГОСТу, габарит 01-Т ГОСТ9239-59 вместо старого габарита — габарит 0 по ОСТ/ВКС 6435.

Четырехосный полувагон с увеличенным объемом кузова, модель 12-515, рассчитан по новым расчетным нормам прочности, предусматривающим значительное усиление узлов полувагона:

1. Введена усиленная петля крышки люка.

2. Концевой раскос фермы принят из уголка 75×75×6 мм из 09Г2 вместо уголка 75×75×8 из Ст3. Промежуточный и средний раскос из полосы 6×140 мм из стали 09Г2 вместо 6×140 мм из Ст3.

3. Толщина лобового листа увеличена с 6 до 7 мм.
4. Угловые стойки по толщине увеличены с 6 мм на 8.
5. Промежуточные и средние стойки выполнены по сечению как шкворневые, штампованные из листа толщиной 6 мм вместо вагонных стоек из рельсообразного проката.
6. Шкворневые стойки приняты толщиной 7 мм вместо 6, внутри стоек предусмотрены усиливающие планки.
7. Введен автоматический регулятор режимов торможения (авторежим).
8. Введены износоустойчивые втулки рычажной передачи тормоза во все шарнирные соединения кроме серьги и державки мертвой точки.
9. Введены оси (валики) диаметром 32 мм вместо 30.
10. Введен стояночный тормоз.
11. Введено приспособление для равномерного износа тормозных колодок.
12. Предусмотрен фрикционный аппарат с заневоленными пружинами методом десятикратного обжатия. При этом пружины изготовлялись из прутка диаметром 20 мм вместо 19 мм и диаметром 40 мм вместо 36 мм.
13. Введен поглощающий аппарат автосцепки Ш-1-ТМ.
14. Усилен фланец пятника — толщиной 25 мм вместо 22 мм и введены дополнительные наружные ребра. Внутри введено 6 ребер вместо четырех.

В четвертом квартале 1963 г. изготовлена установочная партия полувагонов с объемом кузова 70,5 м³ вместо 64,7, высотой кузова 2060 мм вместо 1880, грузоподъемностью 63 тонны вместо 62, модель 12-515. **ИТ**

Список литературы

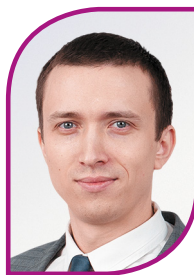
1. Завадич А. В., Смольянинов А. В. Конструктивные изменения в четырехосных полувагонах с деревянной обшивкой кузова за период изготовления с 1948 по 1949 год // Инновационный транспорт. 2022. № 3 (45). С. 52–56. ISSN 2311–164X.

References

1. Zavadich A. V., Smolyaninov A. V. Constructive changes in four-axle gondola cars with wooden body covering for the period of manufacture from 1948 to 1949 // Innotrans. 2022. No. 3 (45). P. 52–56. ISSN 2311–164X.



**Андрей Олегович
Шадрин**
Andrei O. Shadrin



**Иван Михайлович
Старцев**
Ivan M. Startsev

Моделирование устройства для динамического торможения трехфазного асинхронного электродвигателя с конденсаторными источниками постоянного тока

Modelling of the Device of Dynamic Braking of Three-Phase Induction Motor with Direct Current Capacitors

Аннотация

Работа посвящена моделированию устройства динамического торможения с конденсаторными источниками постоянного тока с использованием программного обеспечения MATLAB Simulink. Разработанное устройство было запатентовано в 2023 г., его эффективность доказана экспериментальными исследованиями динамического торможения асинхронного двигателя с конденсаторными источниками постоянного тока. В статье описывается эффективность устройства динамического торможения с конденсаторными источниками постоянного тока в имитационной модели, разработанной при помощи MATLAB Simulink.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, короткозамкнутый ротор, нерегулируемый электропривод, динамическое торможение, конденсаторный источник тока.

Abstract

The research is aimed at modelling a device of dynamic braking with direct current capacitors with the use of software MATLAB Simulink. The worked out device was patented in 2023. Its effectiveness is proved by experimental researches of dynamic braking of induction motor with direct current capacitors. The article describes the effectiveness of the device of dynamic braking with direct current capacitors in an imitation model developed with the use of MATLAB Simulink.

Keywords: induction motor, squirrel-cage rotor, unregulated power supply, dynamic braking, current capacitor.

Авторы Authors

Андрей Олегович Шадрин, магистрант кафедры «Электроснабжение транспорта», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; инженер электротехнического отдела НФ «Институт «Норильскпроект», ООО «Институт «Гипроникель», Норильск | **Иван Михайлович Старцев**, доцент кафедры энергетики Технического университета Уральской горно-металлургической компании (ТУ УГМК), Верхняя Пышма; старший преподаватель кафедры «Электроснабжение транспорта», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Andrei O. Shadrin, master's student of «Electric Power Supply of Transport» Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; engineer of electrical engineering department of the NB «Institute «Norilskproekt», LLC «Institute «Gipronikel», Norilsk | **Ivan M. Startsev**, associate professor of Energy Department of the Technical University of the Ural Mining and Metallurgical Company (TU UMMC), Verkhnyaya Pyshma; senior lecturer of «Electric Power Supply of Transport» Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg

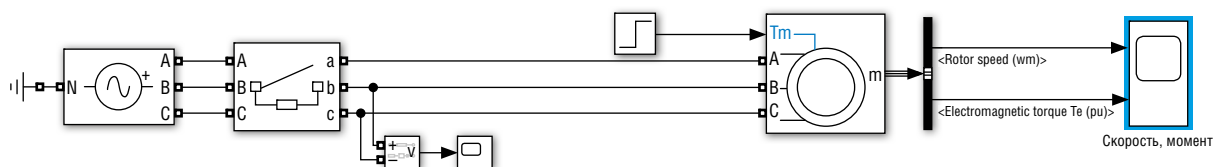


Рис. 1. Имитационная модель асинхронного электропривода

Nominal power, voltage (line-line), and frequency [Pn(VA),Vn(Vrms),fn(Hz)]:	[1.5e+04 400 50]	[1...]
Stator resistance and inductance [Rs,Ls] (pu):	[0.02013 0.02919]	[0.02013,0.02919]
Rotor resistance and inductance [Rr',Lr'] (pu):	[0.02067 0.02919]	[0.02067,0.02919]
Mutual inductance Lm (pu):	1.89	
Inertia constant, friction factor, pole pairs [H(s) F(pu) p()]:	[0.08389 0.01569 2]	[0.08389,0.01569,2]

Рис. 2. Характеристики используемого асинхронного двигателя

На современном этапе развития науки и техники системы электропривода занимают лидирующее положение среди приводных устройств. Наиболее широкое применение находит асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором (АД). АД используется во всех отраслях промышленности, тягового электротранспорта, в энергетике, строительстве, сельском хозяйстве, ЖКХ, в электроприводах питательных насосов, мельниц, дробилок, дымососов, дутьевых вентиляторов, конвейеров, подъемных механизмов и многих других. На территории Российской Федерации от 47 до 53 % потребления всей вырабатываемой электроэнергии осуществляется АД, а в промышленности — в среднем 60 % [1].

Столь массовое использование АД обосновывает актуальность более детального изучения каждого из режимов работы: пуск, установившийся режим со скоростью, близкой к номинальной, и электрическое торможение. В рамках данной работы описан режим динамического торможения (ДТ) АД с использованием устройства для динамического торможения (УДТ) трехфазного асинхронного двигателя с конденсаторными источниками постоянного тока (КИТ). Процесс разработки устройства, а также расчет и выбор оборудования для УДТ с КИТ были описаны в статьях [2, 3]. На разработанное УДТ с КИТ был получен патент на полезную модель [4], в качестве прототипа использовалось уже существующее устройство динамического торможения [5].

Целью исследования является разработка имитационной модели УДТ АД с КИТ с использованием среды MATLAB с приложениями Simulink и SimPowerSystems. Все работы в данном ПО производились по методикам, описанным в учебном пособии В. Б. Терехина «Моделирование систем электропривода в SIMULINK (MATLAB 7.0.1)» [6].

Первый эксперимент

Моделирование торможения выбегом АД.

Имитационная модель, представленная на рис. 1, состоит из следующих элементов:

- 1) трехфазной электрической сети напряжением 380 В;
- 2) линейного контактора с тремя замыкающими контактами;
- 3) асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором;
- 4) метрологического оборудования.

Характеристики используемого АД приближены к характеристикам двигателя типа АИР160S 4 (15 кВт, 1500 об/мин, 380 В, 50 Гц) (рис. 2).

Принцип работы разработанной имитационной модели следующий. Линейный контактор с тремя замыкающими контактами, подключенными между обмоткой статора АД и трехфазной электрической сетью напряжением 380 В, замыкает свои контакты через 0,5 с после начала модуляции, производится прямой пуск АД, эксперимент производится без нагрузки. Через 5 с после начала модуляции линейный контактор отключает обмотки статора АД от трехфазной электрической сети, начинается процесс торможения выбегом. Согласно графику скорости, изображенному на рис. 3, торможение АД выбегом занимает приблизительно 55 с.

Второй эксперимент

К уже существующей компьютерной модели добавляются следующие элементы:

- 1) 4 выпрямительных диода;
- 2) 2 конденсатора;
- 3) линейный контактор с двумя замыкающими контактами.

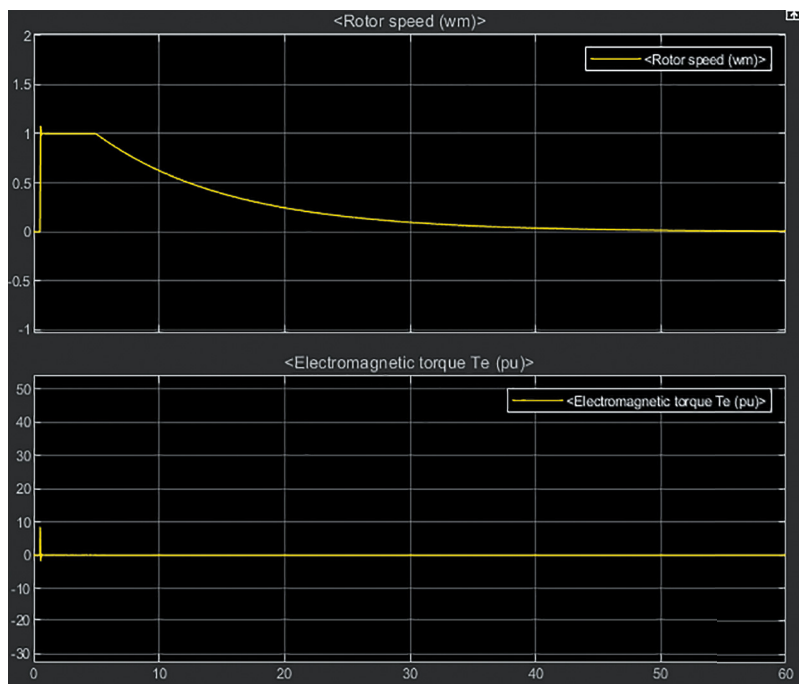


Рис. 3. Графики скорости вращения вала и момента АД при прямом пуске и в режиме выбега

Устройство для динамического торможения АД с КИТ формируется из нововведенного оборудования. Можно выделить 4 цепи, две из которых служат для зарядки конденсаторов, а остальные — для реализации динамического торможения.

Цепь № 1 (заряд конденсатора C1): Фаза В — Выпрямительный диод VD1 — Конденсатор C1 — Фаза С.

Цепь № 2 (разряд конденсатора C1): Фаза С — Конденсатор C1 — Замыкающий контакт линейного контактора KM2.2 — Выпрямительный диод VD2 — Фаза Б.

Цепь № 3 (заряд конденсатора C2): Фаза В — Выпрямительный диод VD3 — Конденсатор C2 — Фаза А.

Цепь № 4 (разряд конденсатора C2): Фаза А — Конденсатор C2 — Замыкающий контакт линейного контактора KM2.2 — Выпрямительный диод VD4 — Фаза Б.

Разработанная имитационная модель УДТ АД с КИТ представлена на рис. 4.

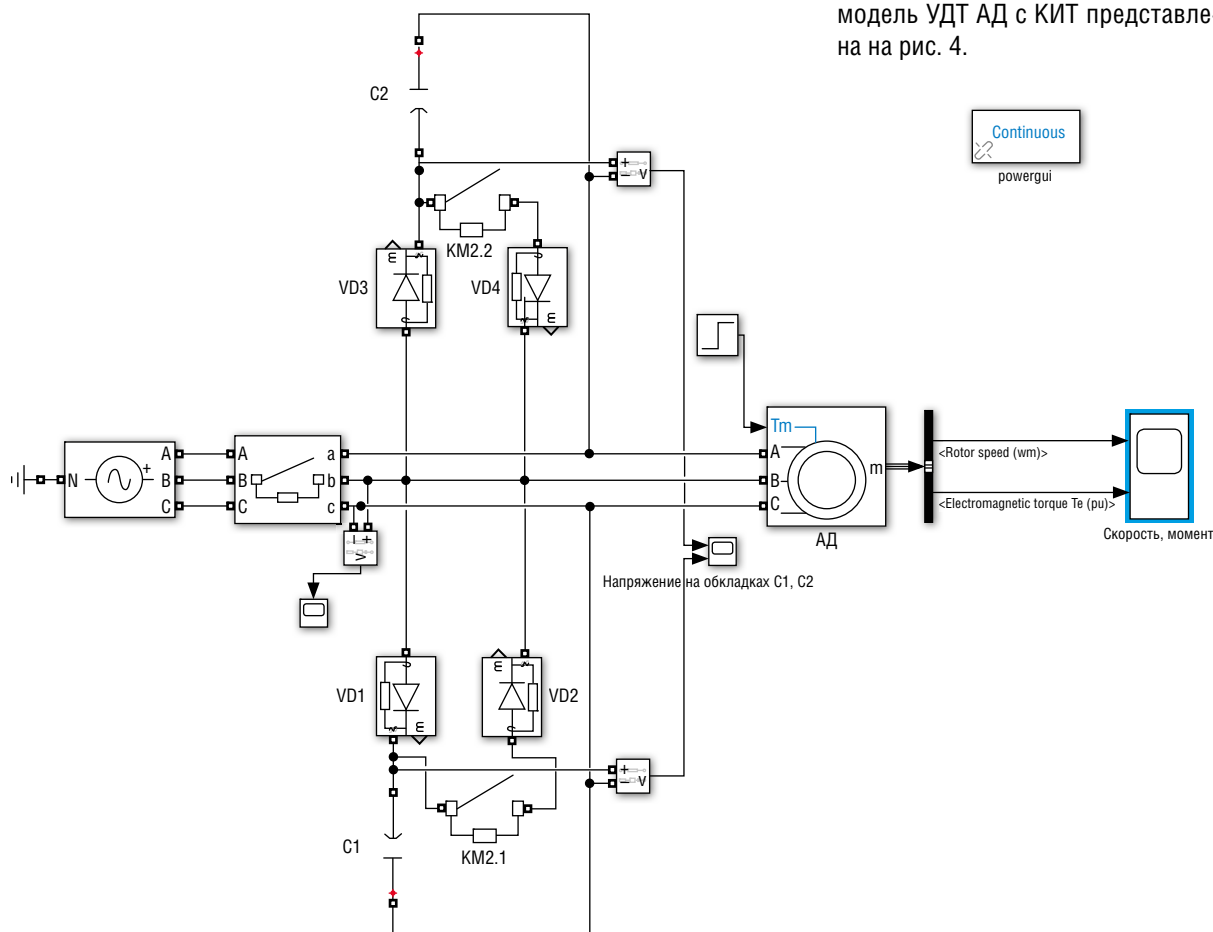


Рис. 4. Разработанная компьютерная модель асинхронного электропривода с УДТ с КИТ

Порядок работы разработанной компьютерной модели следующий. Прямой пуск АД производится аналогично первоначальной модели через 0,5 с. Отключение обмоток статора АД от трехфазной электрической сети, замыкание двух замыкающих контактов линейного контактора в цепях № 2, 4 (разряд конденсаторов С1 и С2) производится через 5 с после начала работы модели, тем самым запуская режим динамического торможения. Графики скорости вращения вала и момента АД изображены на рис. 5.

Процесс заряда конденсаторов

Одними из наиболее важных процессов, протекающих в разработанной модели, являются заряд и разряд автономных источников питания (конденсаторов С1 и С2).

Разряд конденсаторов происходит при замыкании двух замыкающих контактов в цепях № 2, 4 (разряд конденсаторов С1 и С2). Происходит подача постоянного тока на обмотки статора АД. При подаче постоянного напряжения на обмотки статора генерируется стационарное магнитное поле, под воздействием которого в короткозамкнутом роторе начинает индуцироваться электрический ток, вызывающий появление тормозного момента [7, 8], реализуется динамическое торможение.

Процесс заряда конденсатора с использованием однополупериодного выпрямителя описан в учебном пособии «Полупроводниковая схемотехника» [9]. В соответствии с [9], уровень напряжения U_A , который будет достигнут на обкладках конденсатора при полном заряде:

$$U_A = \sqrt{2} * U_L - U_D, \quad (1)$$

где U_A — максимальный уровень напряжения на обкладках конденсатора; U_L — переменное напряжение питающей сети; U_D — падение напряжения на открытом диоде.

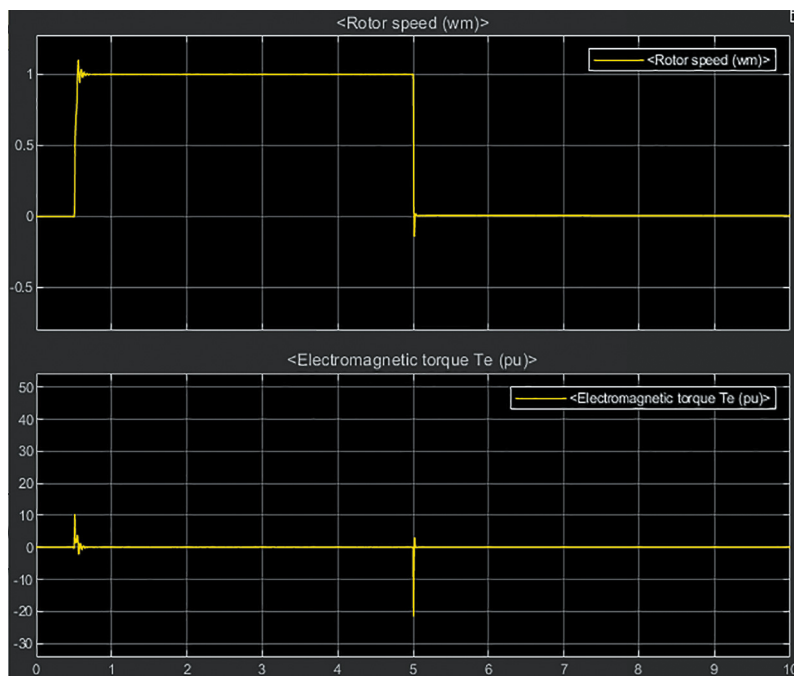


Рис. 5. Графики скорости вращения вала и момента АД при динамическом торможении

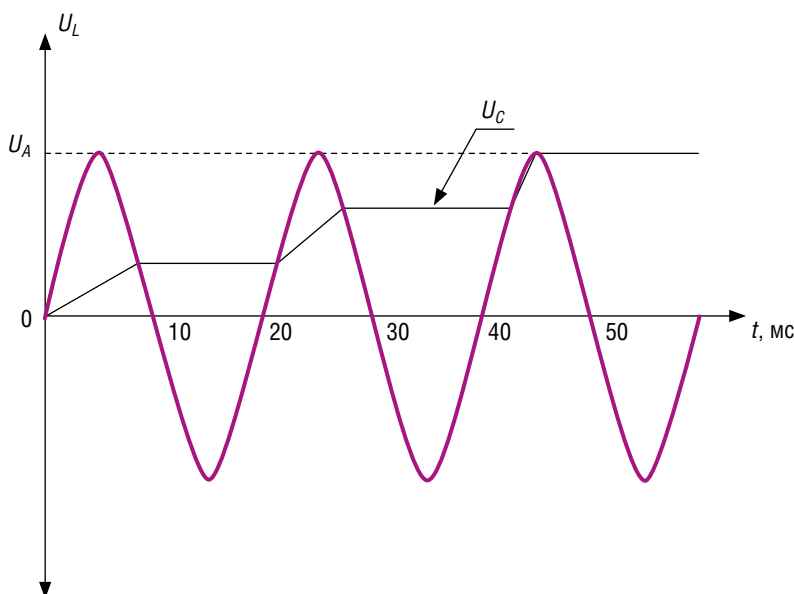


Рис. 6. Графики заряда конденсатора от однополупериодного выпрямителя

Из приведенной формулы видно, что уровень напряжения на обкладках конденсатора будет равняться амплитудному (U_A) значению переменного напряжения питающей сети. Получается, что при подключении конденсатора через однополупериодный выпрямитель на линейный уровень напряжения (380 В) за-

ряд конденсатора приблизительно будет равняться 540 В. Для наглядности приведены графики заряда конденсатора от однополупериодного выпрямителя согласно учебной литературе (рис. 6) и графики заряда и разряда конденсаторов С1 и С2 согласно разработанной имитационной модели (рис. 7).

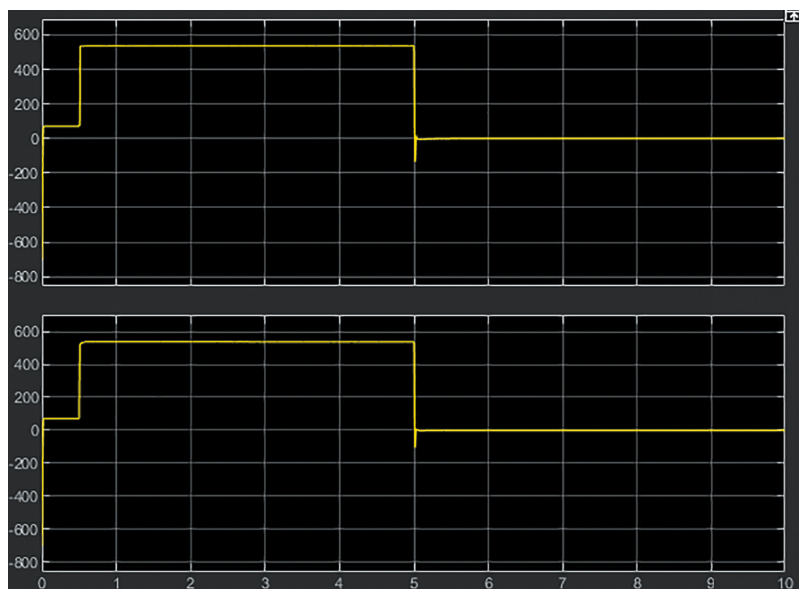


Рис. 7. Графики заряда и разряда конденсаторов C1 и C2 (модель)

Данные графики показывают уровень напряжения на обкладках конденсатора при зарядке от линейного напряжения питающей сети через однополупериодный выпрямитель и в момент реализации динамического торможения. Уровень напряжения на обкладках конденсатора, согласно имитационной модели, соответствует расчетному значению.

Выводы

Проведенные эксперименты по моделированию нерегулируемого асинхронного электропривода в двух тормозных режимах (выбег, динамическое торможение) демонстрируют эффективность применяемого устройства динамического торможения с конденсаторным источником

тока. Емкость конденсаторов или батареи конденсаторов рассчитывается с учетом следующих факторов: необходимая интенсивность торможения ($T_{C1} = R_1 * C_1$), сопротивление обмоток статора постоянному току, ток динамического торможения. К электрическому торможению зачастую предъявляются наиболее высокие требования (интенсивность, точность остановки, энергоэффективность, технико-экономическое обоснование, надежность и в ряде механизмов — автономность). Правильно выбранный способ электрического торможения — это налаженный технологический процесс и гарантия безопасности рабочего персонала. Использование разработанного устройства динамического торможения [4] на площадках промышленных предприятий позволит получить точный и достаточно интенсивный способ электрического торможения. Устройство рекомендовано к использованию для электроприводов с большим маховым моментом, а также в местах, где наблюдаются проблемы с напряжением питающей сети (длительные просадки напряжения, потери напряжения в питающей сети). **ИТ**

Список литературы

1. Дуюнов Д. А. Асинхронный двигатель с совмещенными обмотками // Энергосовет. 2013. С. 19–24. URL: http://www.energosoвет.ru/bul_stat.php?idd=372
2. Шадрин А. О., Старцев И. М. Устройство динамического торможения отраслевых нерегулируемых электроприводов с асинхронными короткозамкнутыми двигателями // Повышение надежности работы и энергетической эффективности устройств электроснабжения : сборник научных трудов. Екатеринбург : УРГУПС, 2023. Вып. 2 (250). С. 76–81.
3. Шадрин А. О., Старцев И. М. Расчет и выбор оборудования для устройства динамического торможения отраслевых нерегулируемых электроприводов с асинхронными короткозамкнутыми двигателями // Проблемы электроэнергетики и телекоммуникаций Севера России : сборник трудов IV Международной научно-практической конференции, Сургут, 20–21 апреля 2023 года. М. : Знание-М, 2023. С. 260–266.
4. Пат. RU 218639U 1. Устройство для динамического торможения трехфазного асинхронного электродвигателя / Федорова С. В., Шадрин А. О., Старцев И. М., Копырин В. С. Заявл. 2023-04-21; опублик. 2023-06-02.

References

1. Duyunov D. A. Asynchronous motor with combined windings // Energosoвет. 2013. P. 19–24. URL: http://www.energosoвет.ru/bul_stat.php?idd=372
2. Shadrin A. O., Startsev I. M. The device of dynamic braking of industrial unregulated electric drives with asynchronous short-circuited motors // Improving the reliability and energy efficiency of power supply devices : collection of scientific papers. Yekaterinburg : USURT, 2023. Issue 2 (250). P. 76–81.
3. Shadrin A. O., Startsev I. M. Calculation and selection of equipment for the device of dynamic braking of industrial unregulated electric drives with asynchronous short-circuited motors // problems of electric power and telecommunications of the North of Russia : proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference, Surgut, April 20–21, 2023. Moscow : Znanie-M, 2023. P. 260–266.
4. Pat. RU 218639U 1. Device for dynamic braking of a three-phase asynchronous electric motor / Fedorova S. V., Shadrin A. O., Startsev I. M., Kopyrin V. S. Application 2023-04-21; publ. 2023-06-02.

5. А. с. 1690153 А2 СССР. Устройство для динамического торможения трехфазного асинхронного электродвигателя / Копырин В. С., Воронова З. М. № 4712464/07.
6. Терехин В. Б. Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1) : учебное пособие. Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2010. 292 с.
7. Вешеневский С. Н. Характеристики двигателей в электроприводе : учебное пособие. 5-е изд. М. : Энергия, 1967. 472 с.
8. Чиликин М. Г., Соколов М. М., Терехов В. М., Шинянский А. В. Основы автоматизированного электропривода : учебное пособие для вузов. М. : Энергия, 1974. 568 с.
9. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника : справочное руководство / пер. с нем. М. : Мир, 1982. 512 с.
5. A. S. 1690153 A2 USSR. Device for dynamic braking of a three-phase asynchronous electric motor / Kopyrin V. S., Voronova Z. M. No. 4712464/07.
6. Terekhin V. B. Modeling of electric drive systems in Simulink (MATLAB 7.0.1) : textbook. Tomsk : Tomsk Polytechnic University Publishing House, 2010. 292 p.
7. Veshenevsky S. N. Characteristics of motors in an electric drive : textbook. 5th ed. Moscow : Energiya, 1967. 472 p.
8. Chilikin M. G., Sokolov M. M., Terekhov V. M., Shinyansky A. V. Fundamentals of automated electric drive : textbook for universities. Moscow : Energiya, 1974. 568 p.
9. Titze U., Schenk K. Semiconductor circuitry : reference manual / translation from German. Moscow : Mir, 1982. 512 p.



**Евгений Михайлович
Елкин**

Evgeniy M. Elkin



**Николай Олегович
Фролов**

Nikolai O. Frolov

Аналитическое определение аномальных режимов работы электрического оборудования электровоза 2ЭС6 «Синара»

Analytical Identification of Abnormal Regimes of Work of the Electrical Equipment of 2ES6 “Sinara” Electric Locomotive

Аннотация

В статье приведена и проанализирована статистика отказов оборудования электровозов 2ЭС6. Выявлена положительная динамика роста отказов для наиболее критического оборудования. Сформулирована актуальность разработки систем аналитического определения аномальных режимов работы электровоза 2ЭС6. Предложена система, позволяющая методом корреляционного анализа определять аномальные режимы работы оборудования электровоза и производить предсказательную диагностику.

Ключевые слова: электроподвижной состав, тяговое электрооборудование, 2ЭС6, диагностирование.

Abstract

The article suggests analyzed statistics of failure of the equipment of 2ES6 electric locomotives. Positive dynamics of the growth of failures for the most critical equipment is detected. The urgency of the development of the systems of analytical determination of abnormal working regimes of 2ES6 electric locomotives is formulated. A system which lets with the method of correlation analyses determine abnormal regimes of functioning of the equipment of an electric locomotive and conduct predictive diagnostics is suggested.

Keywords: electric rolling-stock, traction electrical equipment, 2ES6 diagnosing.

Авторы Authors

Евгений Михайлович Елкин, аспирант кафедры «Электрическая тяга», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Николай Олегович Фролов, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрическая тяга», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Evgeniy M. Elkin, post graduate student of the chair “Electric Traction”, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | Nikolai O. Frolov, candidate of technical sciences, associate professor of the chair “Electric Traction”, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg

Применение в современном подвижном составе систем управления верхнего уровня, основанных на микропроцессорной технике, позволило значительно расширить возможности бортового диагностирования за счет фиксации параметров работы подвижного состава при помощи измерительных устройств и информации от периферийных систем. Данная информация используется системой управления подвижного состава для формирования защитных реакций, диагностических сообщений и рекомендаций локомотивной бригаде.

Информация о текущем режиме ведения поезда, а также сформированные диагностические сообщения сохраняются в архив и используются для дальнейшего анализа неисправностей сервисной организацией. Однако с учетом постоянного обновления локомотивного парка ОАО «РЖД» [1] возникает необходимость в автоматическом определении предотказного состояния и предиктивной диагностики для создания условий, позволяющих перейти от планово-предупредительной системы ремонта к обслуживанию по фактическому состоянию.

По состоянию на конец октября 2023 г. наиболее распространенным локомотивом постоянного тока является 2ЭС6: всего выпущено 1430 таких локомотивов, включая единицы с бустерной секцией (ЗЭС6) [2].

Анализ неисправностей парка электровозов 2ЭС6 [3] показывает, что наиболее подвержены отказам тяговые электродвигатели (ТЭД), электрические аппараты, преобразователи собственных нужд (ПСН) и компрессорные агрегаты. Количество отказов с учетом тренда каждого из вышеперечисленных узлов приведено на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что в среднем увеличение количества отказов имеет положительную динамику в диапазоне 2019–2022 гг. Это связано с такими причинами, как постоянно увеличивающийся износ оборудования электровозов с течением времени,

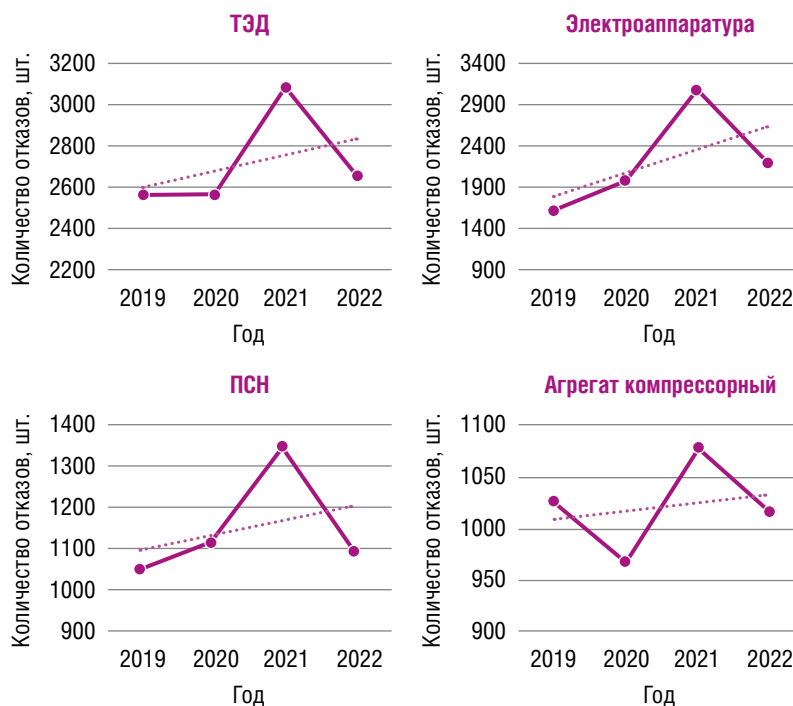


Рис. 1. Динамика изменения отказов узлов электровоза 2ЭС6:
 — отказы соответствующего узла; — тренд изменения количества отказов

увеличение парка подвижного состава, постоянный переход электровозов из гарантийного парка в негарантийный.

Положительная динамика изменения количества отказов оборудования электровоза 2ЭС6 позволяет говорить об актуальности разработки аналитических способов определения предотказного состояния узлов подвижного состава на основе данных, полученных системой управления верхнего уровня.

В настоящее время существует ряд автоматизированных систем учета технического состояния подвижного состава, эксплуатируемого ОАО «РЖД»: АСУЖТ, АСОУП. Контроль выполненной работы подвижного состава осуществляет система учета графика исполненного движения ГИД «Урал». Учет отказов локомотивного парка ведется в системе КАСАНТ.

Одновременно с данными, формируемыми автоматизированными системами ОАО «РЖД», каждая организация, осуществляющая сервисное обслуживание, имеет собствен-

ную систему планирования ресурсов предприятия (EPR-система). EPR обеспечивает учет временных, экономических, материальных, людских и других ресурсов при осуществлении обслуживания и ремонта подвижного состава.

Для электровоза 2ЭС6 используется система СВЛ ТР, осуществляющая передачу данных через сети GSM о техническом состоянии и местонахождении локомотива на путях на сервер для дальнейшей обработки [4].

Недостатком имеющихся систем является отсутствие функционала, позволяющего производить анализ функционирования подвижного состава, выявления отклонений и аномалий в работе в автоматическом режиме с выдачей рекомендаций локомотивным бригадам и сервисному персоналу.

Для решения этой проблемы предлагается концепция аналитической системы определения предотказных состояний электрического оборудования электровоза 2ЭС6. Предлагаемая система основывается

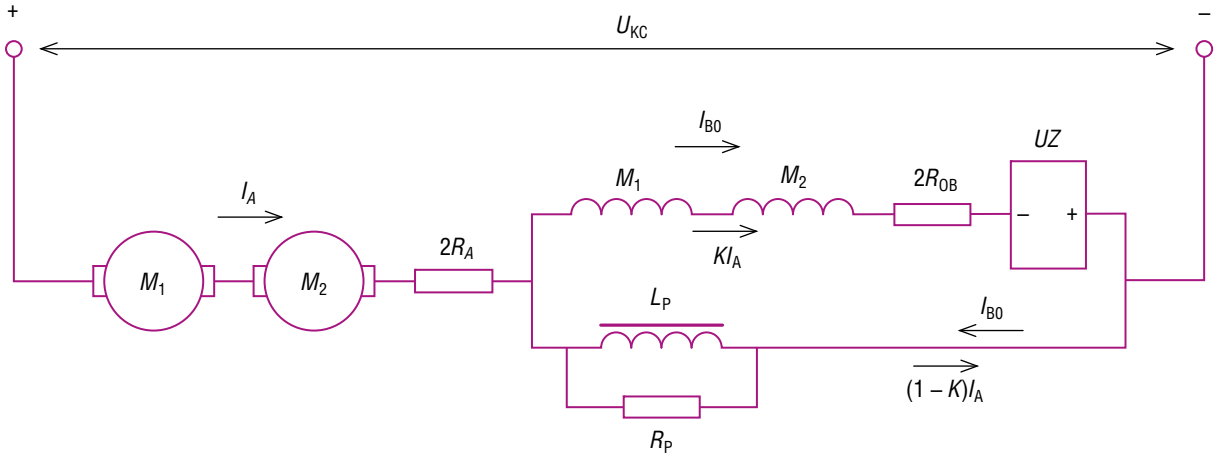


Рис. 2. Электрическая схема двух последовательных ТЭД в режиме независимого возбуждения

на корреляционном анализе данных, поступающих от измерительных датчиков и управляющих устройств системы управления верхнего уровня 2ЭС6 с математической моделью работы оборудования, которое диагностируется с помощью бортовых средств.

В качестве рассматриваемого оборудования в данной работе предлагается тяговый электродвигатель — как узел, наиболее подверженный отказам по статистическим данным. Большая часть отказов ТЭД вызвана повреждением обмоток главных, компенсационных и добавочных полюсов, пробоем якорной изоляции, повреждением щеточно-коллекторного аппарата [5].

Для анализа причин выхода из строя и повышения надежности тяговых электродвигателей сформирована обширная научная база. Сформулирован ряд математических моделей, описывающих тепловые, электрические, электромеханические параметры тяговых электродвигателей.

Конструкция электровоза 2ЭС6 позволяет использовать как независимый, так и последовательный режим возбуждения ТЭД. При этом штатным режимом работы силовой схемы является независимое питание обмоток возбуждения импульсным преобразователем. Последовательный режим возбуждения используется при неисправности последнего [6].

Для рассмотрения примем режим эксплуатации при независимом возбуждении. Любое из возможных соединений ТЭД электровоза 2ЭС6 (последовательное, последовательно-параллельное, параллельное) подразумевает последовательное подключение пары ТЭД одной тележки. Электрическая схема одной тележки при параллельном соединении ТЭД с контуром независимого возбуждения описывается следующей схемой (рис. 2).

Токвые характеристики двух ТЭД независимого возбуждения для рис. 2 описываются с помощью известной системы уравнений электрического баланса Кирхгофа [7]:

$$\left. \begin{aligned}
 &U_B - (2R_{OB} + R_{UZ}) \cdot (I \cdot K + I_{B0}) - \\
 &-(2L_{OB} + L_{UZ}) \cdot \frac{d(I \cdot K + I_{B0})}{dt} - \\
 &-R_p \cdot [I \cdot (1-K) - I_{B0}] - \\
 &-L_p \cdot \frac{d[I \cdot (1-K) - I_{B0}]}{dt} = 0 \\
 &U_{кк} - I \cdot 2R - 2L \cdot \frac{dI}{dt} - \\
 &-2c_n \cdot \Phi \cdot n_{я} - R_p \cdot [I \cdot (1-K) - I_{B0}] - \\
 &-L_p \cdot \frac{d[I \cdot (1-K) - I_{B0}]}{dt} = 0 \\
 &K = \frac{R_p}{R_p + 2R_{OB}}
 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где U_B — напряжение возбуждения, В; R_{OB} — сопротивление обмотки возбуждения, Ом; R_{UZ} — сопротивление импульсного преобразователя, Ом; I_A — ток в обмотке якоря, А; K — коэффициент компаундирования машины; I_{B0} — ток независимого источника питания (составляющая тока возбуждения), А; L_{OB} — индуктивность обмотки возбуждения, Гн; L_{UZ} — индуктивность независимого источника питания, Гн; R_p — сопротивление реактора, Ом; L_{UZ} — индуктивность реактора, Гн; $U_{кк}$ — напряжение контактной сети, В; R_A — сопротивление обмотки якоря, Ом; L_A — индуктивность обмотки якоря, Гн; c_n — конструкционная постоянная ТЭД; Φ — магнитный поток, Вб; $n_{я}$ — частота вращения якоря, об/с;

Анализ переменных системы уравнений (1) показывает, что для анализа работы выбранного предмета исследования, а именно ТЭД независимого возбуждения, целесообразно использовать данные, полученные от системы управления верхнего уровня. В качестве данных используются параметры табл. 1 [8].

Данные, получаемые от системы управления электровоза 2ЭС6

Аналоговые	Дискретные
Напряжение контактной сети, В	Заданная позиция
Ток якоря, А	Количество отключенных ТЭД
Ток возбуждения, А	Режим возбуждения
Скорость, км/ч	–
Заданная сила тяги, кН	–
Астрономическое время, чч.мм.сс	–

Используя вышеуказанные данные в качестве начальных условий для решения задачи математического моделирования работы оборудования с допущениями, заложенными в модель, создается эталонный для рассчитываемых в данный момент условий набор данных, являющихся выходом математической модели (скорость, ток, температура

и т.д.). Затем полученные эталонные данные сравниваются с фактически зарегистрированными значениями датчиков МПСУиД с помощью корреляционного анализа, например с помощью коэффициента корреляции Пирсона.

Таким образом, разработка системы определения предотказных состояний электрического оборудо-

вания электровоза 2ЭС6 «Синара» является актуальным и перспективным направлением в области контроля технического состояния электроподвижного состава, так как она позволит с достаточной точностью определять аномальные режимы тяговых двигателей и прогнозировать наиболее вероятные последствия работы в этих режимах. **ИТ**

Список литературы

1. ОАО «РЖД» закупило 497 новых локомотивов в 2022 году. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9397/page/104069?id=280524> (дата обращения 22.10.2023).
2. Список подвижного состава. 2ЭС6 «Синара». URL: <https://railgallery.ru/list.php?mid=25&sort=built&st=1000> (дата обращения 22.10.2023).
3. Елькин Е. М., Фролов Н. О. О способах определения износа коммутационных аппаратов электроподвижного состава // Инновационный транспорт. 2023. № 2 (48). С. 57–60. ISSN 2311-164X.
4. Система взаимодействия с локомотивом по технической радиосвязи (СВЛ ТР). URL: <https://avpt.ru/projects/monitoring-i-kontrol/svl-tr/> (дата обращения 22.10.2023).
5. Худояров Д. Л., Шатилов Н. Е. Эксплуатационная надежность тяговых электрических машин электровозов серии 2ЭС6 // Инновационный транспорт. 2022. № 2 (44). С. 49–51. ISSN 2311-164X.
6. Электровоз 2ЭС6 «Синара» / под ред. В. В. Брексона. 2-е изд., доп. и перераб. Верхняя Пышма : ООО «Уральские локомотивы», 2020. 400 с.
7. Кузнецов А. И. Повышение эффективности регулирования тока тяговых двигателей электровоза 2ЭС6 в неустановившихся режимах работы : дис. ... канд. техн. наук / Кузнецов Алексей Иванович. 2022. 127 с.
8. Регистратор параметров МСУЛ РПМ. Руководство по эксплуатации 07B.02.00.00 РЭ. URL: <https://www.saut.ru/documents/re/> (дата обращения 10.11.2023).

References

1. JSC «Russian Railways» purchased 497 new locomotives in 2022. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9397/page/104069?id=280524> (accessed 22.10.2023).
2. List of rolling stock. 2ES 6 «Sinara». URL: <https://railgallery.ru/list.php?mid=25&sort=built&st=1000> (accessed 22.10.2023).
3. Elkin E. M., Frolov N. O. On methods for determining the wear of switching devices of electric rolling stock // Innotrans. 2023. No. 2 (48). P. 57–60. ISSN 2311-164X.
4. The system of interaction with the locomotive by technical radio communication (SVL TR). URL: <https://avpt.ru/projects/monitoring-i-kontrol/svl-tr/> (accessed 22.10.2023).
5. Khudoyarov D. L., Shatilov N. E. Operational reliability of traction electric machines of electric locomotives of the 2ES6 series // Innotrans. 2022. No. 2 (44). P. 49–51. ISSN 2311-164X.
6. Electric locomotive 2ES6 «Sinara» / edited by V. V. Brekson. 2nd ed., supplement and revision. Verkhnyaya Pyshma : Ural Locomotives LLC, 2020. 400 p.
7. Kuznetsov A. I. Improving the efficiency of current regulation of traction motors of electric locomotive 2ES6 in unsteady operating modes : dis. ... candidate of technical sciences / Kuznetsov Alexey Ivanovich. 2022. 127 p.
8. The register of parameters of the MSUL RPM. Operation Manual 07B.02.00.00 RE. URL: <https://www.saut.ru/documents/re/> (accessed 10.11.2023).



Евгений Александрович
Клочихин

Evgeny A. Klochikhin



Юрий Павлович
Неугодников

Yurii P. Neugodnikov

Оценка технико-экономической эффективности применения новых трансформаторов для тяговых подстанций железных дорог

Evaluation of Technical and Economical Effectiveness of the Use of New Transformers for Railways Traction Substations

Аннотация

Рассмотрена оценка технико-экономической эффективности применения новых силовых трансформаторов для тяговых подстанций железных дорог. Проведен сравнительный анализ стоимости трансформаторов, расходов на потери холостого хода и короткого замыкания, также оценено снижение потерь в тяговой сети при наличии нетяговой нагрузки. Применение новых трансформаторов ТДНЖД и ТРДНЖД позволяет получить значительный совокупный экономический эффект по сравнению со стандартным трансформатором ТДТНЖ.

Ключевые слова: трансформатор, стоимость трансформатора, стоимость потерь, электроснабжение, тяговые подстанции, железные дороги.

Abstract

Evaluation of technical and economical effectiveness of the use of new power transformers for railways traction substations is considered. Comparative analyses of transformers cost, no-load losses and short circuit expenses is conducted. Also reduction of losses in the traction network under non-traction load is evaluated. The use of new TDNZhD and TRDNZHD transformers leads to a great total economic effect in comparison to the standard TDTNZh transformer.

Keywords: transformer, transformer cost, losses cost, electric power supply, traction substations, railways.

Авторы Authors

Евгений Александрович Клочихин, заместитель главного конструктора по новым разработкам, ООО «Эльмаш (УЭТМ)», Екатеринбург; e-mail: klochikhin_ea@uetm.ru | Юрий Павлович Неугодников, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение транспорта», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: ncet@mail.ru

Evgeny A. Klochikhin, Deputy Chief Designer for New Developments at Elmash (UETM) LLC, e-mail: klochikhin_ea@uetm.ru | Yurii P. Neugodnikov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of «Transport Power Supply» Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: ncet@mail.ru

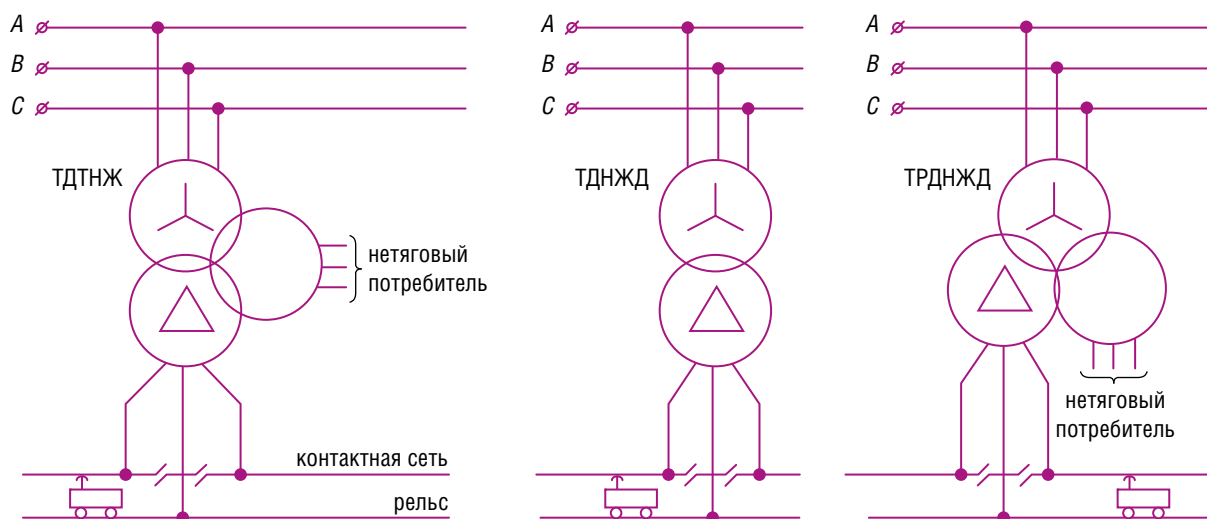


Рис. 1. Схемы подключения трансформаторов ТДТНЖ, ТДНЖД и ТРДНЖД

Разработка и использование нового инновационного оборудования является одним из направлений, которое позволяет значительно повысить эффективность работы различных отраслей, организаций и предприятий. При разработке новых технических решений возникает необходимость выполнения анализа и оценки эффективности их применения. В данной статье рассматриваются результаты оценки технико-экономической эффективности применения новых силовых трансформаторов для тяговых подстанций железных дорог.

Стандартно на тяговых подстанциях устанавливаются силовые трехфазные трехобмоточные трансформаторы типа ТДТНЖ классом напряжения 110 и 220 кВ с номинальной мощностью до 40 МВА [1]. Предприятием «Эльмаш (УЭТМ)» совместно с УРГУПС взамен

указанных выше трансформаторов предлагается использовать новые силовые трансформаторы, которые более эффективно учитывают специфику тягового электроснабжения [2, 3]. При этом для питания только тягового потребителя предлагается трансформатор в двухобмоточном исполнении типа ТДНЖД, для одновременного питания тягового и нетягового потребителей — трансформатор с расщеплением типа ТРДНЖД (рис. 1).

Для сравнения новых трансформаторов ТДНЖД и ТРДНЖД со стандартным трансформатором ТДТНЖ воспользуемся расчетными параметрами трансформаторов, имеющих номинальную мощность 40000 кВА и номинальное питающее напряжение 115 кВ. Расчетные параметры трансформаторов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры силовых трансформаторов

Расчетные параметры	ТДТНЖ-40000/110 (стандартный)	ТДНЖД-40000/110 (новый)	ТРДНЖД-40000/110 (новый)
Мощность обмотки высокого напряжения (ВН), МВА	40	40	40
Мощность обмотки тягового потребителя (СН), МВА	40	40	33,33
Мощность обмотки нетягового потребителя (НН), МВА	40	0	6,67
Допустимый ток плеча питания при двухфазной нагрузке, А	550	660	550
Допустимый ток плеча питания при однофазной нагрузке, А	727	873	727

Расчетные параметры	ТДТНЖ-40000/110 (стандартный)	ТДНЖД-40000/110 (новый)	ТРДНЖД-40000/110 (новый)
Напряжение короткого замыкания, приведенное к мощности 40 МВА, %			
ВН-СН	10,5	10,5	10,5
ВН-НН	17,5	–	49
СН-НН	6,5	–	60
Масса электротехнической стали, %	100	76,9	84,6
Потери холостого хода, кВт	30	26	27,5
Масса меди в обмотках, %	100	81,9	88,8
Потери короткого замыкания при двухфазной нагрузке 550 А, кВт	145	113	133

Для оценки стоимости трансформаторов воспользуемся стоимостью отдельных элементов трансформатора по отношению к его общей стоимости. Тогда ориентировочная структура цены стандартного силового трансформатора ТДТНЖ-40000/110 будет выглядеть так, как представлено в табл. 2.

Элементы трансформатора по пунктам 5–9 аналогичны для всех сравниваемых трансформаторов. Бак и трансформаторное масло в новых трансформаторах будут иметь незначительно меньшую стоимость из-за меньшего объема, чем в стандартном трансформаторе,

поэтому их стоимости без большой погрешности также примем одинаковыми. Основное изменение в стоимости новых трансформаторов сосредоточено в электротехнической стали и массе обмоточных проводов, которые совокупно составляют 58 % от общей стоимости трансформатора.

Тогда, используя табл. 1, 2, оценим изменение стоимости новых трансформаторов ТДНЖД и ТРДНЖД относительно стандартного трансформатора ТДТНЖ по следующей формуле:

Таблица 2

$$C_{\text{ТДНЖД}}(C_{\text{ТРДНЖД}}) = D_{\text{пров}} \cdot \frac{M_{\text{пров}}}{100} + D_{\text{эл.ст}} \cdot \frac{M_{\text{эл.ст}}}{100} + D_{\text{др}}, \quad (1)$$

Структура цены трансформатора ТДТНЖ-40000/110

	Элемент трансформатора	Стоимость
1	Провода обмоточные	44 %
2	Электротехническая сталь	14 %
3	Бак трансформатора	12 %
4	Трансформаторное масло	7 %
5	Изоляция	6 %
6	Переключающее устройство	5 %
7	Вводы	5 %
8	Система охлаждения	4 %
9	Прочее	3 %
	Итого:	100 %

где $C_{\text{ТДНЖД}}$ — стоимость нового трансформатора ТДНЖД по отношению к стоимости стандартного трансформатора ТДТНЖ, %; $C_{\text{ТРДНЖД}}$ — стоимость нового трансформатора ТРДНЖД по отношению к стоимости стандартного трансформатора ТДТНЖ, %; $D_{\text{пров}}$ — доля обмоточных проводов в структуре цены трансформатора (табл. 2), %; $D_{\text{эл.ст}}$ — доля электротехнической стали в структуре цены трансформатора (табл. 2), %; $D_{\text{др}}$ — доля других элементов в структуре цены трансформатора (п. 3–9 табл. 2), %; $M_{\text{пров}}$ — масса обмоточных проводов нового трансформатора (табл. 1), %; $M_{\text{эл.ст}}$ — масса электротехнической стали нового трансформатора (табл. 1), %.

Подставив значения величин в формулу (1), получим:

$$C_{\text{ТДНЖД}} = 44 \cdot \frac{81,9}{100} + 14 \cdot \frac{76,9}{100} + 42 = 88,802 \%$$

$$C_{\text{ТРДНЖД}} = 44 \cdot \frac{88,8}{100} + 14 \cdot \frac{84,6}{100} + 42 = 92,916 \%$$

Таким образом, для нового трансформатора ТДНЖД стоимость будет на 11,198 % меньше, чем у стандартного трансформатора ТДТНЖ, а для трансформатора ТРДНЖД — на 7,084 %. Если принять стоимость стандартного трансформатора ТДТНЖ равной 80 млн руб., тогда экономия составит для ТДНЖД — 8,958 млн руб., для ТРДНЖД — 5,667 млн руб.

Также новые трансформаторы имеют меньшие потери холостого хода (ХХ) и короткого замыкания (КЗ), поэтому оценим снижение стоимости потерь в трансформаторе.

Потери ХХ выделяются при возбуждении основного магнитного потока в магнитопроводе, т.е. выделяются всегда, когда трансформатор включен, поэтому разницу потерь за нормативный срок службы трансформатора определим по формуле:

$$\Delta P_{XX} = (P_{XX_{\text{ТДТНЖ}}} - P_{XX}) \cdot t_{\text{сут}} \cdot n_{\text{дн}} \cdot n_{\text{лет}}, \quad (2)$$

где ΔP_{XX} — изменение потерь ХХ при замене на новые трансформаторы за весь срок службы, кВт; $P_{XX_{\text{ТДТНЖ}}}$ — потери ХХ стандартного трансформатора ТДТНЖ, кВт; P_{XX} — потери ХХ нового трансформатора ТДНЖД (ТРДНЖД), кВт; $t_{\text{сут}}$ — количество отработанных часов в сутки; $n_{\text{дн}}$ — количество отработанных дней в году; $n_{\text{лет}}$ — срок службы трансформатора, лет.

Подставив значения величин в формулу (2), получим:

$$\Delta P_{XX}^{\text{ТДНЖД}} = (30 - 26) \cdot 24 \cdot 365 \cdot 30 = 1051200 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

$$\Delta P_{XX}^{\text{ТРДНЖД}} = (30 - 27,5) \cdot 24 \cdot 365 \cdot 30 = 657000 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Уменьшение потерь ХХ для нового трансформатора ТДНЖД составит 1051200 кВт·ч, для трансформатора ТРДНЖД — 657000 кВт·ч.

Потери КЗ зависят от графика нагрузки, который отличается для каждой подстанции. Для сравнения примем, что половину времени трансформатор работает на двухфазную нагрузку током 550 А и половину времени работает на ХХ. Разницу потерь КЗ за весь срок службы трансформатора можно определить по формуле:

$$\Delta P_{K3} = (P_{K3_{\text{ТДТНЖ}}} - P_{K3}) \cdot t_{\text{сут}} \cdot n_{\text{дн}} \cdot n_{\text{лет}}, \quad (3)$$

где ΔP_{K3} — изменение потерь КЗ для тяговой нагрузки при замене на новые трансформаторы за весь срок службы, кВт; $P_{K3_{\text{ТДТНЖ}}}$ — потери КЗ стандартного трансформатора ТДТНЖ при двухфазной нагрузке, кВт; P_{K3} — потери КЗ нового трансформатора ТДНЖД (ТРДНЖД) при двухфазной нагрузке, кВт; $t_{\text{сут}}$ — количество отработанных часов в сутки; $n_{\text{дн}}$ — количество отработанных дней в году; $n_{\text{лет}}$ — срок службы трансформатора, лет.

Подставив значения величин в формулу (3), получим:

$$\Delta P_{K3}^{\text{ТДНЖД}} = (145 - 113) \cdot 12 \cdot 365 \cdot 30 = 4204800 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

$$\Delta P_{K3}^{\text{ТРДНЖД}} = (145 - 133) \cdot 12 \cdot 365 \cdot 30 = 1576800 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Уменьшение потерь КЗ трансформатора ТДНЖД составит 4204800 кВт·ч, для трансформатора ТРДНЖД — 1576800 кВт·ч.

Если принять стоимость электроэнергии равной 2 руб. за 1 кВт·ч, общая экономия от снижения потерь для нового трансформатора ТДНЖД составит 10,512 млн руб., для ТРДНЖД — 4,468 млн руб.

Величина потерь КЗ в режиме питания только нетягового потребителя для стандартного трансформатора ТДТНЖ будет ниже, чем у нового ТРДНЖД, поскольку он имеет большую мощность в этом режиме. Для нагрузки мощностью 6,67 МВА потери КЗ в трансформаторах составят 6,3 кВт и 23,8 кВт соответственно. При этом оценка стоимости потерь в таком режиме не проводится по причине нецелесообразности использования силового трансформатора только для питания нетягового потребителя.

Также рассмотрим режим одновременного питания двухфазной тяговой нагрузки с током плеча 550 А и нетягового потребителя мощностью 6,67 МВА. Величина потерь ХХ будет прежняя, а потери КЗ составят для стандартного трансформатора ТДТНЖ 193 кВт, для нового трансформатора ТРДНЖД 187 кВт, что в стоимостном выражении составит экономию в 2,891 млн руб. (рассчитано аналогично по формуле (3)).

Кроме того, новый трансформатор ТРДНЖД имеет меньшее влияние нетягового потребителя на уровень напряжения в обмотке 27,5 кВ, поэтому оценим уменьшение стоимости потерь в тяговой сети при наличии нагрузки у обмотки нетягового потребителя.

Дополнительный экономический эффект при применении нового трансформатора ТРДНЖД может быть получен за счет снижения потерь в тяговой сети, так как напряжение на шинах 27,5 кВ не зависит от величины нагрузки на обмотке нетягового потребителя. Для стандартного трансформатора ТДТНЖ величина потери напряжения у обмотки 27,5 кВ зависит от тока нагрузки и $\cos \varphi$ нетягового потребителя. Так, для нагрузки мощностью 6,67 МВА и при $\cos \varphi$ нетягового потребителя, равном 0,8, падение напряжения для стандартного трансформатора ТДТНЖ составит 310 В. При постоянстве мощности тяговой нагрузки изменение питающего напряжения даст квадратичное изменение потерь в тяговой сети и обмотке трансформатора. Тогда увеличение потерь в % можно посчитать по формуле:

$$\Delta P_{\text{ТЯГ.С}} = \left(\frac{U_{\text{ТЯГ.С}}}{U_{\text{ТЯГ.С}} - \Delta U_{\text{от нетяг}}} \right)^2 \cdot 100, \quad (4)$$

где $\Delta P_{\text{ТЯГ.С}}$ — увеличение потерь в тяговой сети и обмотке 27,5 кВ трансформатора при наличии потери напряжения

от нетягового потребителя, %; $U_{\text{тяг.с}}$ — номинальное напряжение тяговой сети на шинах подстанции, В; $\Delta U_{\text{от нетяг}}$ — величина падения напряжения на шинах 27,5 кВ от нагрузки на шинах нетягового потребителя, В.

Подставив значения величин в формулу (4), получим

$$\Delta P_{\text{тяг.с}} = \left(\frac{27500}{27500 - 310} \right)^2 \cdot 100 = 102,29 \text{ \%}.$$

Применяя новый трансформатор ТРДНЖД для указанной выше нетяговой нагрузки, можно дополнительно снизить потери в тяговой сети и обмотке трансформатора на 2,29 %.

Кроме того, дополнительный экономический эффект может быть получен при выборе распределительных устройств для питания нетяговых потребителей.

Поскольку значение напряжения короткого замыкания для нового трансформатора ТРДНЖД в 2,8 раза больше, чем у стандартного трансформатора, токи короткого замыкания со стороны нетяговой нагрузки будут кратнее снижены. Это позволит выбрать ошиновку на меньшее сечение и выключатели с меньшей отключающей способностью.

Таким образом, новые трансформаторы ТДНЖД и ТРДНЖД позволяют получить значительный совокупный экономический эффект по сравнению со стандартным трансформатором ТДТНЖ:

- снизить затраты на покупку силового трансформатора на 11,198 % и 7,084 % соответственно;
- снизить потери ХХ за весь срок службы трансформатора на 1051 МВт·ч и 657 МВт·ч соответственно;
- снизить потери КЗ в трансформаторе и потери в тяговой сети. **ИТ**

Список литературы

1. ГОСТ Р 51559-2022. Трансформаторы силовые масляные классов напряжения 110 и 220 кВ и автотрансформаторы класса напряжения 27,5 кВ для систем тягового железнодорожного электроснабжения переменного тока. Общие технические условия. М., 2022. 53 с.
2. Пластун А. Т., Неугодников Ю. П., Клочихин Е. А. Подход к проектированию силовых трансформаторов для системы тягового электроснабжения железной дороги переменного тока 25 кВ // Известия вузов. Электромеханика. 2019. Т. 62, № 2. С. 14–20. ISSN 0136-3360.
3. Пат. RU 2727157. Трансформатор для тяговых подстанций переменного тока / Клочихин Евгений Александрович, Неугодников Юрий Павлович. № 2019144050; заявл. 26.12.2019; опубл. 21.07.2020, Бюл. № 21.

References

1. GOST R 51559–2022. Oil power transformers of voltage classes 110 and 220 kV and autotransformers of voltage class 27.5 kV for traction railway AC power supply systems. General technical conditions. M., 2022. 53 p.
2. Plastun A. T., Neugodnikov Yu. P., Klochikhin E. A. An approach to the design of power transformers for the traction power supply system of the 25 kV AC railway // News of universities. Electromechanics. 2019. Vol. 62, No. 2. P. 14–20. ISSN 0136-3360.
3. Pat. RU 27157. Transformer for traction substations of alternating current / Klochikhin Evgeny Aleksandrovich, Neugodnikov Yuri Pavlovich. No. 2019144050; application 26.12.2019; publ. 21.07.2020, Bul. No. 21.

Уважаемые читатели и авторы журнала «Инновационный транспорт»!

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

Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС

ИНН-КПП 6670317893/667001001

ОГРН 1156600001470

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

Р/с 40703810863010000192

в ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ

к/с 30101810900000000795

БИК 046577795

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

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

Уважаемые руководители инновационных компаний и предприятий!

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

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

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

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

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

Подписка на 2024 год.

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» — 85022.

Периодичность — 4 номера в год.

ф. СП-1



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

Иновационный транспорт

(наименование издания) Количество комплектов:

на 2024 год по месяцам:

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

Куда
(почтовый индекс) (адрес)

Кому
(фамилия, инициалы)

ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА

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

Иновационный транспорт

(наименование издания)

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

на 2024 год по месяцам:

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

Куда
(почтовый индекс) (адрес)

Кому
(фамилия, инициалы)

Технические требования и рекомендации к оформлению статей

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

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

2. Материалы подготавливаются в редакторе MS Word.

3. Объем статьи не более 15 страниц.

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

5. Требования к разметке и форматированию текста.

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

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

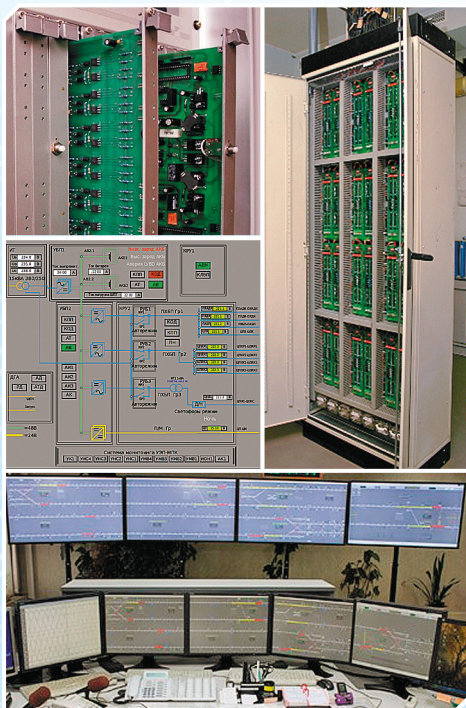
6. Рисунки и таблицы. Таблицы должны быть снабжены заголовками, а рисунки — подписями. Расположение заголовков: слово «Таблица» — в правый край таблицы; название таблицы располагается по центру над таблицей. В рисунках (диаграммах и графиках) слово «Рис.», номер и название рисунка располагаются по центру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

