

ИННОВАЦИОННЫЙ ТРАНСПОРТ

I N N O T R A N S

№ 2 (44)

июнь 2022

**Высокоскоростной струнный транспорт uST
для перевозки пассажиров:
преимущества и перспективы развития**

С. 3



Северный широтный ход:
этапы строительства
и перспективы

О жизненном цикле
колесной пары
грузового вагона

Устройство защиты
тормозной системы гоночного
болида «Формула студент»



ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА

ДАТА ОСНОВАНИЯ — 1991 год

ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ — объединение ученых, специалистов и руководителей

ПРИОРИТЕТНАЯ ЗАДАЧА — проведение исследовательских и научно-технических работ

БОЛЕЕ **660** УЧЕНЫХ

540 ДОКТОРОВ НАУК

БОЛЕЕ **120** КАНДИДАТОВ НАУК

400 ПОЧЕТНЫХ ЧЛЕНОВ

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

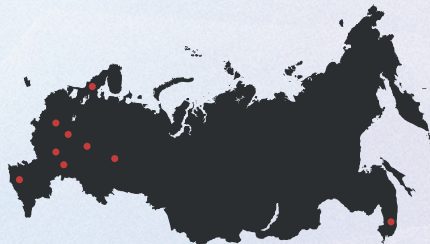
НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ:

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

КТО МОЖЕТ СТАТЬ ЧЛЕНОМ АКАДЕМИИ?

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

- доктора транспорта
- кандидата наук
- доктора наук



2 ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
ОТДЕЛЕНИЯ

8 РЕГИОНАЛЬНЫХ
ОТДЕЛЕНИЙ

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

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

Инновационный транспорт (Иннотранс)

Научно-публицистическое издание

№ 2 (44), 2022 г.

Издается с ноября 2011 г.

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

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

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

Редактирование и корректура — Елена Владимировна Чагина

Верстка и дизайн — Андрей Викторович Трубин

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

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

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

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

Подписной индекс издания в общероссийском каталоге
«Пресса России» — 85022. Цена 495,52 руб.

DOI: 10.20291/2311-164X

Подписано в печать 30.06.2022. Дата выхода в свет 15.07.2022

Печать офсетная. Тираж 500 экз. (1-й з-д 1–60). Заказ № 20

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

© Общероссийская общественная организация
«Российская академия транспорта», 2022

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

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

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

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

№ 2 (44), 2022

Published since November 2011

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

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

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

Editing and proofreading — Elena V. Chagina

Layout and design — Andrey V. Trubin

Address of the editorial office:

66 Kolmogorova Str., Ekaterinburg, 620034.

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

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

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

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

Released for printing on 30.06.2022. Date of issue 15.07.2022.

Offset printing. Circulation 500 copies

© FGBOU VO Ural State University of Railway Transport, 2022

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

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

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

<i>Юницкий А. Э., Кривицкий А. И., Артюшевский С. В., Сокур М. В., Цырлин М. И.</i> Высокоскоростной струнный транспорт uST для перевозки пассажилов: преимущества и перспективы развития	3
<i>Чеботаев А. А., Ивахненко А. М., Нгуен Тунг.</i> Исследование формирования рынка транспортных услуг и модели регионального транспортно-продовольственного баланса	8
<i>Самуйлов В. М., Ткачева Т. Н., Леушин В. А., Ракитина К. А., Гребенчикова В. А.</i> Перспективы строительства железно- дорожного Северного широтного хода	15

Организация производства (транспорт)

<i>Сабиров Н. З., Валиев Ш. К., Валиев Р. Ш.</i> Перспективы применения искусственного интеллекта на железнодорожном транспорте	20
<i>Скутин А. И., Савельев Н. В.</i> Сравнительная оценка строительства дорог на земляном полотне и на эстакадах	24

Управление процессами перевозок

<i>Ситников С. А., Гарифуллина Ю. М.</i> Анализ исходных расчетных параметров, влияющих на емкость путевого развития приемоотправочного парка грузовой станции	30
---	----

Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

<i>Смолянинов А. В., Кармацкий В. Ф., Волков Д. В.</i> О жизненном цикле колесной пары грузового вагона	35
<i>Расулов М. Х., Машарипов М. Н., Бозоров Р. Ш.</i> Исследование взаимного аэродинамического влияния высокоскоростных пассажирских и грузовых поездов, следующих по смежным путям	42
<i>Худояров Д. Л., Шатилов Н. Е.</i> Эксплуатационная надежность тяговых электрических машин электровозов серии 2ЭС6	49
<i>Скутин А. И., Мильников М. М., Якимов М. О.</i> Оценка планового положения рельсовой колеи существующих железных дорог	52

Эксплуатация автомобильного транспорта

<i>Зелюков И. М., Штрапенин Г. Л.</i> Устройство защиты тормозной системы гоночного болида «Формула студент»	57
--	----

CONTENTS

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

<i>Anatoli E. Unitsky, Aliaksandr I. Kryvitski, Sergey V. Artyushevsky, Maxim V. Sokur, Michael I. Tsyrlin.</i> UST high-speed string transport for passenger transportation: advantages and development prospects	3
<i>Alik A. Chebotaev, Andrey M. Ivakhnenko, Nguyen Tung.</i> Research on formation of the transport services market and the model of the regional transport and food balance	8
<i>Valeriy M. Samuylov, Tatyana N. Tkacheva, Vasily A. Leushin, Kamilla A. Rakitina, Vlada A. Grebenchikova.</i> Prospects for construction of the Northern Latitudinal Railway . . .	15

The organization of production (transport)

<i>Nakip Z. Sabirov, Shamil' K. Valiev, Rafail S. Valiev.</i> Prospects for the use of artificial intelligence in railway transport	20
<i>Aleksandr I. Skutin, Nikolai V. Saveljev.</i> Comparative evaluation of road construction on subgrade and overpasses	24

Management of transportation processes

<i>Sergey A. Sitnikov, Yulia M. Garifullina.</i> Analysis of the initial design parameters affecting the capacity of the track development of the cargo station arrival and departure park	30
---	----

Rolling stock, hauling operation and electrification

<i>Alexander V. Smolyaninov, Vitaly F. Karmatsky, Denis V. Volkov.</i> Regarding the life cycle of a freight railcar wheelset	35
<i>Marufdjan X. Rasulov, Masud N. Masharipov, Ramazon S. Bozorov.</i> Investigation of mutual aerodynamic influence of high-speed passenger and freight trains moving on adjacent tracks	42
<i>Dmitry L. Khudoyarov, Nikita E. Shatilov.</i> Operational reliability of traction electric machines of 2ES6 series electric locomotives	49
<i>Alexander I. Skutin, Maxim M. Mylnikov, Mikhail O. Yakimov.</i> Assessment of the planned position of the track gauge of existing railways	52

Operation of motor transport

<i>Ivan M. Zelyukov, Gennadiy L. Shtrapein.</i> The device for protecting the braking system of the Formula Student racing car	57
--	----



**Анатолий
Эдуардович
Юницкий**
Anatoli E.
Unitsky



**Александр
Иванович
Кривицкий**
Aliaksandr I.
Kryvitski



**Сергей
Владимирович
Артюшевский**
Sergey V.
Artyushevsky



**Максим
Владимирович
Сокур**
Maxim V.
Sokur



**Михаил
Иосифович
Цырлин**
Michael I.
Tsyrlin

Высокоскоростной струнный транспорт uST для перевозки пассажиров: преимущества и перспективы развития

UST high-speed string transport for passenger transportation: advantages and development prospects

Аннотация

В работе представлены конструктивные особенности высокоскоростного струнного транспорта uST, области его применения; описаны преимущества перед другими видами транспорта, в том числе в экологичности, надежности и безопасности; приведены технические характеристики изготовленного шестиместного электромобиля «юнифлэш»; указаны основные направления совершенствования конструкции высокоскоростного струнного транспорта.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, высокоскоростной транспорт, струнный транспорт, uST, юнифлэш.

Abstract

The paper presents the design features of the uST high-speed string transport, the scope of its application; describes the advantages over other modes of transport, including environmental friendliness, reliability and safety; provides technical characteristics of the manufactured six-seat electric vehicle “uniflash”; indicates the main directions for improving the design of high-speed string transport.

Keywords: passenger traffic, high-speed transport, string transport, uST, uFlash.

Авторы Authors

Анатолий Эдуардович Юницкий, председатель совета директоров и генеральный конструктор ЗАО «Струнные технологии», Минск; e-mail: a@unitsky.com | Александр Иванович Кривицкий, главный конструктор высокоскоростного транспортного комплекса ЗАО «Струнные технологии», Минск; e-mail: a.krivitskiy@unitsky.com | Сергей Владимирович Артюшевский, заместитель генерального конструктора по науке ЗАО «Струнные технологии», Минск; e-mail: s.artyushevskiy@unitsky.com | Максим Владимирович Сокур, ведущий инженер-конструктор ЗАО «Струнные технологии», Минск; e-mail: m.sokur@unitsky.com | Михаил Иосифович Цырлин, канд. техн. наук, ведущий специалист лаборатории разработки новых материалов ЗАО «Струнные технологии», Минск, email: m.tsirlin@unitsky.com

Anatoli E. Unitsky, General Designer, Unitsky String Technologies, Inc., Minsk; e-mail: a@unitsky.com | Aliaksandr I. Kryvitski, Chief Designer of High-Speed Transport Complex, Unitsky String Technologies, Inc., Minsk; e-mail: a.krivitskiy@unitsky.com | Sergey V. Artyushevsky, Deputy General Designer for Science, Unitsky String Technologies, Inc., Minsk; e-mail: s.artyushevskiy@unitsky.com | Maxim V. Sokur, Rolling Stock Department, Unitsky String Technologies, Inc., Minsk; e-mail: m.sokur@unitsky.com | Michael I. Tsyrlin, Candidate of Technical Sciences, Leading Specialist with New Materials Laboratory, Unitsky String Technologies, Inc., Minsk; e-mail: m.tsirlin@unitsky.com

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

По прогнозам развития транспорта спрос на пассажирские перевозки высокоскоростным транспортом в мире к 2050 г. увеличится почти в три раза. Существенную нишу возникшего мирового спроса планируется восполнить инновационными транспортными средствами, в том числе струнным транспортом uST (Unitsky String Technologies), представленным беспилотными навесными и подвесными транспортными средствами в виде рельсовых электромобилей на стальных колесах, которые перемещаются за счет электрической тяги по неразрезной предварительно напряженной рельсо-струнной путевой структуре эстакадного типа [1]. Данная технология воплощается ЗАО «Струнные технологии» в «ЭкоТехноПарке» (Марьяна Горка, Республика Беларусь) и Центре тестирования и сертификации uST (Шарджа, Объединенные Арабские Эмираты).

Струнный транспорт развивается в трех основных направлениях: высокоскоростной междугородний (до 500 км/ч, а в перспективе, при переходе в форвакуумную трубу, — и до 1250 км/ч), городской пассажирский (до 150 км/ч) [2] и грузовой [3]. Он не имеет аналогов в своей области, способен удовлетворять весь спектр транспортных потребностей и в будущем может быть структурирован в единую мировую транспортно-инфраструктурную, энергетическую и информационную сеть, которая позволит нашей цивилизации выйти на качественно новый этап своего технологического развития, подобно тому, как это происходило в XIX в. при массовом строительстве железных дорог, а в XX в. — автомобильных.

Высокоскоростной струнный транспорт представляет собой рельсовый электромобиль на стальных колесах, получивший название «юнимобиль» (на англ. uPod), содержащий кузов обтекаемой формы с плавно сопряженными между собой передней, средней и задней частями [4]. При этом переходные сопряжения построены по особым кривым, являющимся ноу-хау разработчика.

За счет отличной аэродинамической формы высокоскоростного юнимобиля, минимальной лобовой площади и уникального коэффициента C_x аэродинамического сопротивления (C_x не выше 0,06) достигается минимальное потребление электроэнергии. Благодаря тому, что путевая структура размещена над землей, происходит рациональное использование земли и ресурсов, сводится до минимума наносимый транспортом вред окружающей среде. Это в совокупности с исключением пересечения путевых структур струнного транспорта с дорогами общего пользования и отсутствием помех движению в виде пешеходов, домашних и диких животных, сельскохозяйственной и иной техники на порядок повышает безопасность высокоскоростного передвижения.

Как известно, более 90 % мощности привода транспортного средства, движущегося в воздушной среде со скоростью выше 350 км/ч, расходуется на преодоление аэродинамического сопротивления [4]. При этом

основной проблемой, с которой сталкиваются все виды наземного высокоскоростного транспорта, является эффект экрана. Его результат — резкое увеличение аэродинамического сопротивления вблизи экранирующей поверхности (земли, воды, дорожного полотна) из-за динамического нагнетания воздуха под днище транспортного средства. Экранный эффект как минимум вдвое ухудшает аэродинамические характеристики и, соответственно, увеличивает требуемую мощность двигателя транспортного средства. Следовательно, для того чтобы вдвое улучшить аэродинамику высокоскоростного транспорта и практически вдвое снизить расход энергии (топлива) на ту же самую транспортную работу, достаточно устранить экранный эффект. Это достигается поднятием юнимобиля над землей путем инновационной реконструкции сплошного дорожного полотна в узкие предварительно напряженные струнные рельсы, установленные на ажурных опорах. Таким образом, традиционное дорожное полотно в линейной насыпи (в том числе рельсошпальная решетка железной дороги) в uST системно трансформировано в совершенно иную конструкцию — на порядок менее материалоемкую и поэтому значительно более дешевую путевую структуру предварительно напряженной неразрезной (то есть без температурных швов) транспортной эстакады, лишенной паразитного экранного эффекта. Например, в центре испытаний струнного транспорта в Беларуси высота опор трассы, по которой движется транспорт, достигает 16 м. Это позволяет не только повысить энергоэффективность транспортно-инфраструктурного комплекса uST, но и сохранить ландшафт под эстакадой, включая посаженные там сады и виноградники.

Около 10 % энергии при высокоскоростном движении расходуется на преодоление сопротивления качению колеса по рельсу. В струнном транспорте применена самая эффективная система опирания подвижного состава на путевую структуру — стальное колесо по стальному рельсу, как и в железнодорожном транспорте. При этом улучшено взаимодействие в паре «колесо — головка рельса»: исключена массивная и ненадежная железнодорожная коническая колесная пара с одним гребнем на каждом колесе, устранен наклон рельса относительно вертикали, а юнимобиль снабжен дополнительной противосходной системой, обеспечивающей прямолинейное движение (в традиционной железной дороге движение поезда осуществляется по синусоиде).

Сегодня наиболее аэродинамичным юнимобилем можно назвать высокоскоростной юнифлэш. Так, прототип шестиместного юнифлэша в аэродинамической трубе показала значение коэффициента аэродинамического сопротивления 0,06 [5]. Для сравнения: лучшая аэродинамика среди автомобилей достигалась моделью Volkswagen XL1 со значением коэффициента аэродинамического сопротивления 0,189, которое в три раза хуже показателей высокоскоростного юнифлэша. Мень-

шее сопротивление воздуху позволяет в разы уменьшить потребление условного топлива или электроэнергии и безопасно разогнаться до 500 км/ч. При такой скорости расход топлива составит всего 0,93 кг/100 пасс-км. Так, например, экономия на пересчете жидкого топлива одним высокоскоростным юнифлэшем за 25 лет эксплуатации (срок службы рельсового электромотоцикла) составит около 20 тыс. т стоимостью около 20 млн долларов. При этом не будет выжжено 70 млн т атмосферного кислорода и не будет образовано более 100 млн т загрязняющих веществ. И это эффект всего лишь от одного высокоскоростного транспортного средства, число которых на сети дорог uST в будущем должно исчисляться миллионами.

Стоимость высокоскоростной трассы без учета стоимости подвижного состава, пассажирских вокзалов, станций и инфраструктурных объектов составляет от 3 до 7 млн долларов США за один километр — в зависимости от общей протяженности трассы (чем длиннее, тем дешевле последующий километр), рельефа местности и высоты опор (чем выше размещен путь, тем дороже), прочности подстилающих грунтов и др.

Благодаря перечисленным выше преимуществам себестоимость высокоскоростных перевозок uST будет значительно ниже себестоимости перевозок высокоскоростной железной дорогой, поездами на магнитной подушке, самолетом [5].

Области применения высокоскоростного струнного транспорта для грузопассажирских перевозок:

- между городами;
- между регионами;
- между странами и континентами (в том числе в тоннелях с нулевой плавучестью, размещенных в толще воды).

Конкурентные преимущества струнного транспорта

1. Уменьшение капитальных затрат на строительство за счет:

- значительного уменьшения изъятия земли под трассу и транспортную инфраструктуру;
- полного исключения (или минимизации) земляных насыпей, выемок, тоннелей, мостов, путепроводов, многоуровневых развязок и водопропускных сооружений;
- отсутствия защитных ограждений вдоль линейной части высокоскоростной трассы;
- уменьшения ресурсоемкости рельсо-струнной эстакады в сравнении с традиционными транспортными эстакадами балочного типа со сплошным дорожным полотном (рельсошпальной решеткой).

2. Снижение эксплуатационных издержек за счет уменьшения расхода энергии (топлива), расходов на об-

служивающий персонал и его заработную плату, объемов путевых и ремонтно-восстановительных работ.

3. Снижение в разы себестоимости высокоскоростных перевозок пассажиров и грузов.

4. Возможность щадящего освоения и заселения новых территорий в труднодоступных местах, комфортных для проживания (острова, горы, шельф моря и др.).

5. Повышение надежности и безопасности всепогодной и круглогодичной эксплуатации высокоскоростного транспортно-инфраструктурного комплекса uST в любых природно-климатических условиях — в любой стране на любом из континентов.

6. Возможность совмещения путевой структуры и опор эстакады uST с воздушными и кабельными линиями электропередачи и линиями связи — проводными, оптоволоконными, радиорелейными, сотовыми.

Экологичность uST

1. Низкая ресурсоемкость и энергозатратность на всех стадиях жизненного цикла высокоскоростного грузопассажирского транспортно-инфраструктурного комплекса (проектирование, строительство, ввод в эксплуатацию, эксплуатация, демонтаж и утилизация).

2. Высокоскоростная дорога в эстакадном исполнении, в отличие от дорог в линейной земляной насыпи, не нарушает рельеф местности, биогеоценоз и биоразнообразие прилегающих территорий.

3. Высокоскоростная дорога не уничтожает плодородную почву и произрастающую на ней растительность.

4. uST не препятствует естественному движению грунтовых и поверхностных вод; перемещению людей, домашних и диких животных, сохраняя исторически сложившиеся пути их миграций; работе транспортных средств существующих и перспективных транспортных систем — любому виду наземного и эстакадного транспорта, сельскохозяйственной и специальной технике.

Надежность и безопасность uST

1. Наличие у высокоскоростного подвижного состава uST систем курсовой устойчивости и систем управления с необходимой степенью дублирования и резервирования.

2. Значительный запас прочности — в разы — несущих струнных элементов (по расчетной штатной подвижной нагрузке и температурным воздействиям) в предварительно напряженной транспортной эстакаде.

3. Надежность работы в любых природно-климатических условиях (от Арктики до тропиков).

4. Устойчивость неразрезной и предварительно напряженной рельсо-струнной эстакады к проливным дождям и снежным заносам, штормовому ветру и гололеду, наводнениям и цунами, туманам и песчаным бурям.

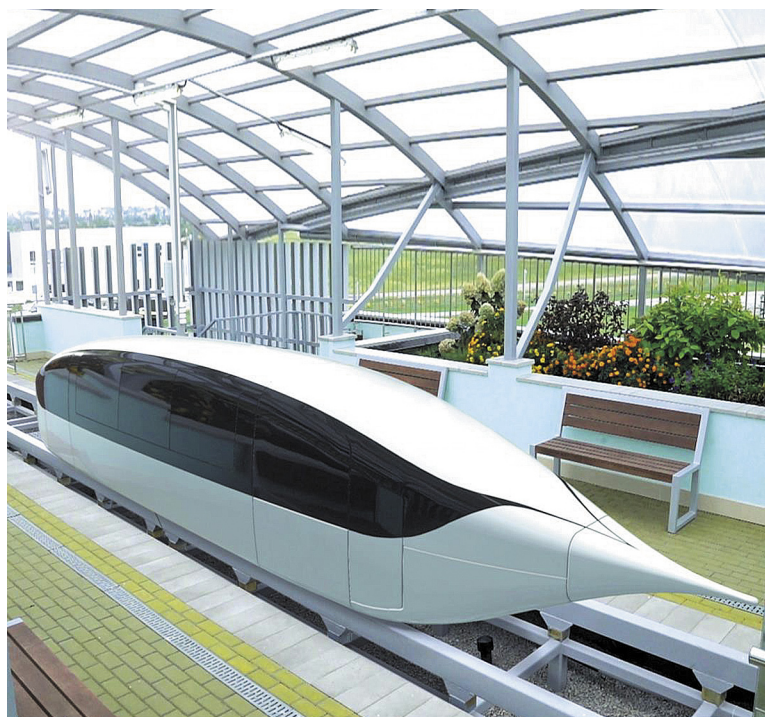


Рис. 1. Юнифлэш U4-362. «ЭкоТехноПарк» (Марьяна Горка, Беларусь), 2019 г.

Таблица 1

Технические характеристики юнимобиля «Юнифлэш U4-362»

Максимальная конструкционная скорость, км/ч	500
Пассажировместимость, чел.	6
Снаряженная масса, кг	4120
Полная масса, кг	4750
Габаритные размеры, мм:	
длина	9200
ширина	1450
высота	1710



Рис. 2. Салон юнифлэша U4-362

5. Высокая устойчивость к сейсмике (до 9 баллов по шкале Рихтера), вандализму и террористическим актам.

Для высокоскоростных пассажирских перевозок инженеринговой компанией Unitsky String Technologies был разработан юнифлэш семейного типа U4-362 (для шести пассажиров). Он представляет собой разновидность юнимобиля — высокоскоростного электромобиля на стальных колесах (рис. 1).

Технические характеристики высокоскоростного юнифлэша U4-362 приведены в табл. 1 [6].

Модель юнифлэша U4-362 предназначена для демонстрации интерьера и экстерьера, уровня комфорта в салоне и его оснащения, уровня дизайна, универсальности и производства.

Салон юнифлэша (рис. 2) оборудован эргономичными сиденьями с регулируемыми спинками и подушками. Сиденья оснащены подогревом, вентиляцией, массажем и поясничной поддержкой.

В салон интегрированы дисплей со встроенной мультимедийной системой, в них есть разъем для наушников, интерфейс на нескольких языках, развлечения (музыка и видео). Дисплеи дают возможность просмотра маршрута в режиме реального времени, а также имеют функции индивидуальной регулировки кресел, управления сиденьями, температурой, освещенностью, системой экстренной связи с диспетчерским пунктом.

Кузов юнифлэша оборудован отдельным багажным отделением.

Высокоскоростной юнифлэш был впервые представлен в 2018 г. на крупнейшей международной транспортной выставке Innotrans в Берлине. Летом 2019 г. в «ЭкоТехноПарке» начались первые испытания высокоскоростного юнифлэша. Были протестированы тяговая, тормозная, гидравлическая и пневматическая системы, системы управления и токосяема и другие.

Испытания осуществлялись на скоростях до 100 км/ч, так как короткая разгонная тестовая трасса (длиной около 900 м), имеющаяся в распоряжении компании uST (в строительстве более протяженной тестовой трассы —



Рис. 3. Двухкорпусный навесной высокоскоростной юнимобиль

21 км — дважды было отказано властями Минской области), не позволяет безопасно получить более высокую скорость. Для полноценного испытания высокоскоростного транспортного средства необходимо иметь 10 км для разгона, еще 10 км для торможения и хотя бы 1 км, чтобы двигаться с максимальной скоростью. Сейчас руководство компании UST рассматривает возможность строительства тестовой высокоскоростной трассы не только в Беларуси, но и в других более инновационных странах.

В настоящее время компания Unitsky String Technologies работает над совершенствованием конструкции юнифлэша. Новые рельсовые электромобили по всем ключевым параметрам значительно превосходят ранее разработанные. Проработан и предварительно рассчитан также двухкорпусный навесной высокоскоростной юнимобиль, включающий в себя два унифицированных модуля из однофюзеляжных скоростных юнимобилей

с использованием тяговых электродвигателей и токо-съемы с опорных колес (рис. 3).

В 2021 г. начата разработка высокоскоростного юнимобилля вместимостью 22 человека, с центральным проходом, багажным отделением и санузелом.

Таким образом, высокоскоростной транспортно-инфраструктурный комплекс uST как рыночный продукт принципиально нового типа характеризуется существенными конкурентными преимуществами перед другими известными и перспективными видами транспорта: высоким уровнем комфорта, безопасностью и энергоэффективностью, низкой ресурсоемкостью и стоимостью строительства. Струнный транспорт uST не нарушит экологичности тех территорий, по которым будет проходить, и уже в ближайшей перспективе способен существенно повысить мировую мобильность, в разы снизив себестоимость высокоскоростных грузопассажирских перевозок. **ИТ**

Список литературы

1. Юницкий А. Э., Цырлин М. И. Экологические аспекты струнного транспорта // Инновационный транспорт. 2020. № 2. С. 7–9. ISSN 2311–164X.
2. Юницкий А. Э., Гарах В. А., Цырлин М. И. Струнный транспорт для городских перевозок пассажиров // Наука и техника транспорта. 2021. № 3. С. 19–25. ISSN 2074–9325.
3. Юницкий А. Э., Тихонов Д. Н., Цырлин М. И. О перспективах развития струнного транспорта для грузовых перевозок // Инновационный транспорт. 2021. № 3. С. 7–10. ISSN 2311–164X.
4. Патент EA 031675. Высокоскоростной транспортный модуль (варианты) / Юницкий А. Э. № 201700220, заявл. 23.03.2017; опубл. 28.02.2019.
5. Юницкий А. Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе. Силакрогс : ПНБ принт, 2019. 576 с.
6. Юницкий А. Э. Инновационные транспортно-инфраструктурные технологии uST : альбом. Минск, 2021. 94 с.

References

1. Yunitskiy A. E., Tsyrlin M. I. Ecological aspects of skyway transport // Innotrans. 2020. No. 2. Pp. 7–9. ISSN 2311–164X.
2. Yunitskiy A. E., Garakh V. A., Tsyrlin M. I. String transport for urban passenger transportation // Science and technology of transport. 2021. No. 3. Pp. 19–25. ISSN 2074–9325.
3. Yunitskiy A. E., Tikhonov D. N., Tsyrlin M. I. On the prospects for the development of string transport for freight transport // Innovative Transport. 2021. No. 3. Pp. 7–10. ISSN 2311–164X.
4. Patent EA 031675. High-speed transport module (variants) / Yunitskiy A. E. No. 201700220, application 23.03.2017; publ. 28.02.2019.
5. Yunitskiy A. E. String transport systems: on Earth and in Space. Silacrogs : PNB print, 2019. 576 p.
6. Yunitskiy A. E. uST innovative transport and infrastructure technologies : album. Minsk, 2021. 94 p.



**Алик
Александрович
Чеботаев**
Alik A.
Chebotaev



**Андрей
Михайлович
Ивахненко**
Andrey M.
Ivakhnenko



**Нгуен
Тунг**
Nguyen
Tung

Исследование формирования рынка транспортных услуг и модели регионального транспортно-продовольственного баланса

Research on formation of the transport services market and the model of the regional transport and food balance

Аннотация

Исследованы теоретические модели формирования цены перевозки — равновесного тарифа на рынке транспортных услуг. Показана специфическая модель формирования перспективного транспортно-продовольственного баланса при планировании среднедушевого потребления пяти основных групп пищевых продуктов в соответствии с рекомендациями Минздрава РФ. Приведена концептуальная схема транспортно-экономического территориального баланса, сформулированы принципы взаимной сбалансированности развития территориального производства и провозных, пропускных способностей транспорта, дано уточненное определение рынка грузовых транспортных услуг.

Ключевые слова: рынок транспортных услуг, транспортно-продовольственный баланс, транспортно-экономический территориальный баланс.

Abstract

The theoretical models of formation of the transportation price – the equilibrium tariff in the transport services market are investigated. A specific model of formation of the promising transport and food balance is shown when planning the average per capita consumption of five main groups of food products in accordance with recommendations of the Ministry of Health of the Russian Federation. The conceptual scheme of the transport and economic territorial balance is given, the principles of mutual balance of the development of territorial production and transportation, carrying capacity of transport are formulated, a refined definition of the freight transport services market is given.

Keywords: transport services market, transport and food balance, transport and economic territorial balance.

Авторы Authors

Алик Александрович Чеботаев, д-р техн. наук, профессор ФГБУ «Научный центр по комплексным транспортным проблемам Министерства транспорта Российской Федерации», лауреат Премии Совета Министров СССР, Москва | **Андрей Михайлович Ивахненко**, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Менеджмент» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва | **Нгуен Тунг**, аспирант Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Вьетнам

Alik A. Chebotaev, Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State Budgetary Institution «Scientific Center for Complex Transport Problems of the Ministry of Transport of the Russian Federation», Laureate of the USSR Council of Ministers Prize, Moscow | **Andrey M. Ivakhnenko**, Doctor of Technical Sciences, professor, head of the «Management» chair of the Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI), Moscow | **Nguyen Tung**, Post-graduate student of Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI), Vietnam

Азбука рынка транспортных услуг

Из истории классической транспортной мысли известно, что в транспортной отрасли не создаются новые материальные продукты и новая стоимость. В результате рыночно-хозяйственной транспортной деятельности создается нематериальная транспортная продукция, отнесенная к сфере услуг. Услугой для целей налогообложения признается деятельность, результаты которой не имеют материального выражения, реализуются и потребляются в процессе осуществления этой деятельности (ст. 128 ГК РФ).

Грузовой сегмент рынка услуг может играть «ускоряющую» роль в эффективности экономики. Это связано не только с проблемой «что возить?», но и с развитием и рациональным размещением различных отраслей экономики, а также с ростом внешнеэкономических связей как в рамках СНГ, так и с дальним зарубежьем. Как правило, спрос на грузовые перевозки всегда будет тем больше, чем выше темпы роста реальной экономики в целом и, естественно, ее региональных сегментов. На формирование спроса грузового сегмента рынка транспортных услуг влияют уровень совершенства различных видов транспортных средств (рис. 1), организационно-управленческое совершенство перевозок, маршрутизация и другие факторы.



Рис. 1 Виды используемых грузовых транспортных средств

Возникает проблема транспортабельности перевозимых товаров-грузов: чем лучше их транспортабельность, т.е. приспособленность к перевозке, тем выше, при прочих равных условиях, заинтересованность и для транспортных фирм. К особенностям формирования грузового сегмента рынка транспортных услуг следует отнести повторность перевозок. Это связано с тем, что товар-груз от товаропроизводителей, товаровладельцев доставляется на оптовые, розничные, таможенные склады. Кроме того, при использовании смешанных, мультимодальных сообщений один и тот же товар-груз перевозится несколькими видами транспорта.

Принимая решение об использовании грузовых транспортных услуг, товаропроизводители и товаровладельцы должны учитывать ряд специфических рыночных особенностей:

1. При осуществлении в территориальном пространстве перевозок для любых клиентов производимая при этом транспортная продукция, например, в виде тонно-километров, не существует отдельно от самого производственного процесса перевозок товаров-грузов. Транспортная продукция одновременно и производится, и потребляется, выступая в виде некоего «маятника», регулирующего ход всех производственных процессов в экономике. Из-за такой одновременности оказываемых услуг, которые не могут накапливаться, храниться и складироваться на транспорте, возникает необходимость создания резервов провозных и пропускных способностей транспортной системы.

2. Кроме транспорта в процессе оказания услуг участвуют и потребители услуг — товаропроизводители и товаровладельцы. Сфера транспортных услуг не существует вне материальных потоков в различных отраслях экономики, являясь одновременно и неким товаром, который, очевидно, может быть предметом купли-продажи на транспортном рынке¹.

Из практики известно, что рынок грузовых транспортных услуг, в отличие от товарных рынков, характеризуется, с одной стороны, наличием большого количества самостоятельных товаропроизводителей, товаровладельцев как потребителей-покупателей транспортной продукции, образующих товарное предложение, и, с другой стороны, большим количеством транспортных предприятий, реализующих свою транспортную продукцию в виде т-км (т) по рыночным тарифам-ценам.

Существуют и функционально-эксплуатационные особенности транспортной отрасли, главными признаками которых являются три рыночно-хозяйственные закономерности.

Первая эксплуатационно-спросовая закономерность имеет отличительное свойство обратной пропорциональной зависимости: по мере роста объема спроса на транспортную продукцию, услугу удельная стоимость единицы этой транспортной продукции снижается.

Вторая закономерность, связанная с формированием предложения транспортных фирм, показывает, что объем предложения транспортной продукции находится в прямо пропорциональной зависимости от удельной стоимости единицы этой транспортной продукции. На рынке любому перевозчику понятно, что чем больше он реализует транспортной продукции с более высоким тарифом, тем больше в итоге будет его выручка и прибыль.

¹В мировой судоходной практике Инкотермс функционируют договорные фрахтовые рынки между фрахтователями-товаровладельцами и фрахтовщиками-перевозчиками. При этом на рынке продается, по сути, транспортная продукция — перевозка (в системе, например, ФОБ (импорт) и СИФ (экспорт)).

Третья рыночно-хозяйственная закономерность характеризуется тем, что транспорт, продавая свою продукцию в виде т-км (т) за определенный тариф-цену, оказывает услугу другим, т.е. покупателям, но уже на рынке перевозок в системе купли-продажи.

В соответствии с этими закономерностями на транспортном рынке владельцы-продавцы малых, средних и крупных транспортных фирм различных видов собственности на свой страх и риск решают проблемы перевозок, исходя из ожидаемой прибыли за услуги. С другой стороны рынка товаровладельцы, товаропроизводители, т.е. покупатели транспортной продукции, для успешной рыночно-хозяйственной деятельности сами выбирают тот или иной вид транспорта с соответствующим тарифом, который обеспечивает ожидаемые прибыли от реализации их товаров. Для них транспортный фактор играет важное, определяющее значение при реализации продукции на рынке.

Возникает проблема: как отрегулировать на транспортно-клиентском рынке услуг эти противоположные тенденции? Нетрудно заметить, что обе группы выше-названных предпринимателей, продавцов и покупателей услуг руководствуются единым известным рыночным законом — законом стоимости на транспортную продукцию. Такие проблемы решаются с помощью известной рыночной системы купли-продажи. И главным уязвимым местом этой системы на транспортном рынке является установление в условиях рыночной стихии закономерностей формирования равновесной рыночной стоимости (тарифа) транспортной продукции, на основе которой образуются финансовые ресурсы фирмы-перевозчика.

Исходя из современных мировых теорий рынков [1–4], разработанных выше положений и ст. 785 ГК РФ «Договор перевозки груза», сформулировано уточненное определение рынка транспортных услуг.

Рынок транспортных услуг — это взаимоотношения в пределах территориальных пространств самостоятельных покупателей транспортной продукции и ее продавцов, реализующих по равновесным тарифам договорные сделки купли-продажи на перевозку товаров-грузов.

Тариф равновесия — это сбалансированная на рынке цена услуги на перевозку, которая устраивает покупателя транспортной продукции и ее продавца. На основании этого определения разработана теоретическая модель формирования равновесного тарифа и объема транспортной продукции на рынке транспортных услуг (рис. 2). На основе данной модели удобно выполнять графический анализ зависимости между избытком или дефицитом произведенной транспортной продукции и удельной величиной стоимости транспортной продукции на рынке.

Данные рис. 2 показывают, что на транспортном рынке спроса S и предложения P , с изменяющимися объ-

емами производимой транспортной продукции Q и ее удельной ценой-тарифом T наиболее важной проблемой является установление расположения точки рыночного равновесия услуг P . Точка услуг P характеризуется оптимальным значением транспортной продукции Q_p с оптимальным значением удельной цены перевозок — тарифа T_p . Анализ зависимостей на графике показывает, что при изменении на рынке спроса и предложения транспортных предприятий, как правило, меняется и удельный тариф-цена на перевозку при оказании услуг клиентам. Так, при избытке предложений, перед спросом в виде разницы $\Delta p = Q_{пр}^2 - Q_c^1$, удельный тариф увеличивается до предельного верхнего уровня $T_{пр}$. С другой стороны, при дефиците спроса, в сравнении с предложением в виде разности $\Delta c = Q_c^2 - Q_{пр}^1$, удельный тариф снижается до значения T_c . В реальных условиях эксплуатации при любых видах сообщения на транспортном рынке услуг такие «качели» продолжают в течение некоторого времени до тех пор, пока не установлен тариф равновесия T_p . Можно ожидать, что цена равновесия перевозок T_p будет соответствовать и оптимальной емкости реализуемой транспортной продукции Q_p . Получается, что формируемый в эксплуатации рынок транспортных услуг как бы регулирует не только тариф, но и объем производимой транспортной продукции, где $Q_p = Q_c = Q_{пр}$. Это с одной, внешней рыночной стороны. Но с другой рыночной стороны, в эксплуатации для определенной конкретной транспортной фирмы формирование тарифа складывается из конкретных затрат на перевозки. В основе «внутреннего» расчетно-фактического тарифа $T_{ф}$ лежат расходы на возмещение всех эксплуатационных затрат в виде себестоимости и складывающейся в эксплуатации прибыли, т.е.

$$T_{ф} = \left[c \times \left(1 + \frac{R}{100} \right) \right], \text{ руб./т-км}, \quad (1)$$

где c — себестоимость, руб./т-км; R — складывающийся рыночный уровень рентабельности перевозок, %.

Очевидно, что чем ниже уровень рентабельности, тем выше конкурентоспособность фирмы. Анализ графика на рис. 1 и формулы (1) показывает, что при сопоставлении T_p и $T_{ф}$ образуется некая «средняя» удельная цена услуги, которая обеспечивает возмещение себестоимости и дает рыночную прибыль и соответствующую выручку (доход).

Таким образом, сформированная «средняя» удельная рыночная цена грузовых транспортных услуг, добавляемая к отпускной цене товаров, является важным фактором, влияющим на развитие обслуживаемых отраслей экономики, регионального размещения производства и составления транспортно-экономических балансов.

При прогнозировании регионального развития необходимо учитывать транспортный фактор, который

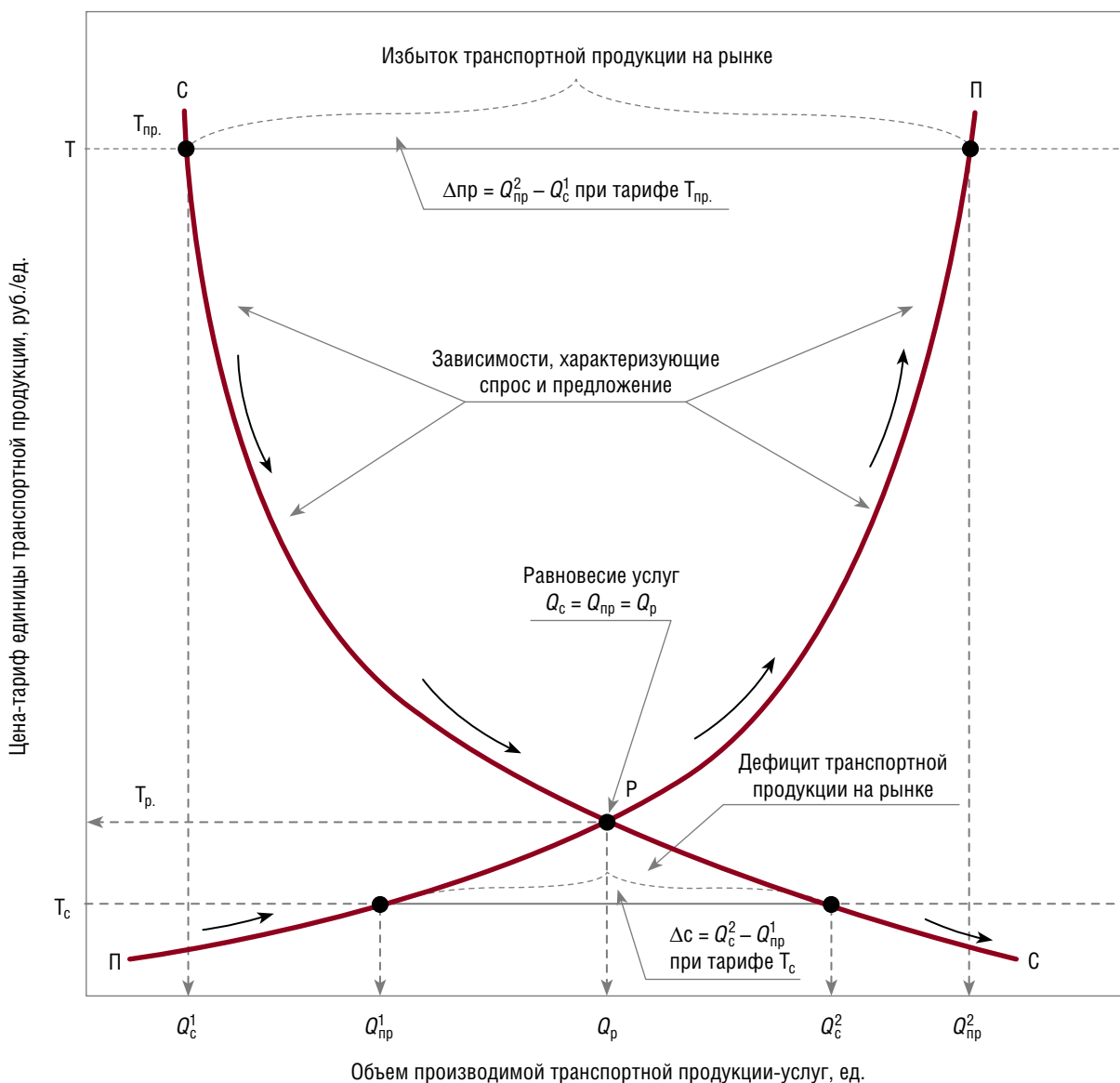


Рис. 2. Теоретическая модель формирования равновесного тарифа T_p и производимой транспортной продукции Q_p на рынке транспортных услуг

на рынке «автоматически» регулируется на основе спроса и предложения. Ниже приведен пример учета транспортного фактора при формировании транспортно-продовольственного баланса.

Схема регионального транспортно-продовольственного баланса

В качестве примера формирования перспективного регионального транспортно-продовольственного баланса были приняты среднелюдиные нормы потребления пищевых продуктов питания, рекомендованные Минздравом РФ в приказе № 614 от 19 августа 2016 г. (в ред.

от 01.12.2020 г.). В приказе для обеспечения разнообразия питания и требуемой энергетической ценности для человека приведены годовые среднелюдиные нормы потребления в килограммах по 11 группам и 36 видам продуктов питания².

Разработанная в качестве примера схема формирования регионального перспективного транспортно-продовольственного баланса в соответствии с рекомендуемыми нормами Минздрава РФ по пяти видам продуктов питания приведена в табл. 1.

²В рыночных условиях государственное управление фирмами, предприятиями сводится не к директивному, а к косвенному управлению: через систему норм, индикаторов и др.

Схема перспективного регионального транспортно-экономического продовольственного баланса (для условного региона с населением 18 млн чел.)

тыс. т в год

Вид продукта питания	Перспективный спрос (расходная часть)			Предложение региона (приходная часть)			Итого баланс (ст. 8 = ст. 4 – ст. 7)			Распределение ввоза (и импорта), вывоза (и экспорта) по видам транспорта, %				
	Запасы к концу планируемого периода	Региональный спрос	Всего по нормам Минздрава РФ	Запасы к началу планируемого периода	Региональный план производства	Всего в наличии	I Равенство	II Дефицит (-)	III Избыток (+)	Железнодорожный	Автомобильный	Морской	Внутренний водный	Воздушный
Хлебные продукты	48	1680	1728	28	1650	1678	–	50	–	–	90	–	–	10
Картофель	60	1560	1620	25	1595	1620	0	–	–	5	–	–	–	–
Мясо и мясо-продукты	15	1299	1314	45	768	813	–	501	–	25	40	20	10	5
Молоко и молоко-продукты	135	5715	5850	78	6722	6800	–	–	950	70	25	–	–	5
Овощи и фрукты	167	4153	4320	86	7231	7317	–	–	2997	1	85	–	2	12

Сопоставительные расчеты выполнены для условного субъекта федерации с населением 18 млн человек и с годовыми объемами рационального среднечеловеческого потребления продуктов питания от 73 до 325 кг в год, которые реализуются в различных видах сообщения.

Анализ данных табл. 1 показал, что, например, баланс хлебных продуктов сводится с дефицитом в объеме 50 тыс. т. Основными видами транспорта, осуществляющими в межрегиональном или импортном сообщении ввоз хлебных продуктов из других регионов, являются автомобильный (90 %) и воздушный (10 %) транспорт.

Производство и потребление картофеля в условном регионе на перспективу является полностью сбалансированным и самообеспеченным. Перевозки выполняются в местном, внутрирегиональном сообщении, без участия магистральных видов транспорта.

Для рационального питания населения условного региона мясом и мясопродуктами рациональный спрос должен составить 1314 тыс. т в год, а региональное производство, с учетом складских запасов, составляет всего 813 тыс. т в год. Таким образом, баланс по этой группе продуктов сводится с дефицитом в объеме 501 тыс. т в год. В соответствии с рекомендациями по формированию тарифа равновесия (рис. 1) и уровней рентабельности (формула (1)), распределение ввозимого из других регионов и из-за рубежа объема продукции следующее: 25 % обеспечивает железнодорожный транспорт,

46 % — автомобильный, 20 % — морской, 10 % — внутренний водный и 5 % — воздушный транспорт. Перевозки выполняются в основном магистральными видами транспорта.

Нормы рационального потребления населением условного региона молока и молокопродуктов составляют 5850 тыс. т в год, а с учетом запасов к концу планируемого периода — 5925 тыс. т в год. Фактическое местное производство с учетом запасов к началу планируемого периода составляет только 6800 тыс. т в год. В итоге баланс по молоку и молокопродуктам в регионе сводится с избытком 950 тыс. т в год. Вывоз избыточных объемов продукции осуществляется автомобильным (25 %) и железнодорожным транспортом (70 %). Воздушный транспорт вывозит 5 % объемов избыточной продукции. Перевозки выполняются в межрегиональном и экспортном сообщении.

Объем производства овощей и фруктов в условном регионе с учетом запасов на начало периода составляет 7317 тыс. т в год при рациональном спросе всего 4320 тыс. т в год. Следовательно, транспортно-овоще-фруктовый баланс сводится с избытком в объеме 2997 тыс. т в год. Вывоз в межрегиональном и экспортном сообщении за пределы условного региона осуществляется следующими видами транспорта: 85 % объема — автомобильным, 12 % — воздушным, 2 % — внутренним водным и 1 % — железнодорожным транспортом.

Анализ данных табл. 1 показывает, что между территориальным производством и транспортом существует взаимосвязь и взаимозависимость. Провозная и пропускная способность транспорта влияет на развитие и местное самообеспечение продуктами. При взаимной сбалансированности транспортных сообщений и местного, территориального производства можно достичь наибольшего эффекта для конкретного субъекта федерации. Чем выше эта взаимная сбалансированность, тем выше его конкурентоспособность с другими регионами страны.

В сложившихся условиях, когда региональная транспортная сеть в основном сформировалась, а ее перспективное развитие сводится к усилению уже существующих звеньев и частичному новому строительству, особое значение приобретает уровень товарной самообеспеченности субъектов федерации.

Разработанные теоретические закономерности формирования равновесных транспортных тарифов и модели транспортно-экономического продовольственного баланса могут служить интеллектуальной базой для составления других моделей региональных транспортно-экономических балансов.

На рис. 3 приведена концептуальная схема формирования территориального транспортно-экономического баланса.

В мировой практике все материальные балансы по каждому виду товара, продукции состоят из двух частей: расходной, спросовой части и приходной части в виде предложения. Эти две части могут быть вертикально выстроенными: от любого предприятия, фирмы до субъекта или страны в целом.

Расходная, спросовая часть перспективного регионального транспортно-продовольственного баланса включает в себя:

- запасы (в том числе и госрезервы) к концу планируемого периода;
- региональный спрос на продукты питания;
- перспективные научно обоснованные объемы на базе рекомендуемых государственных норм.

Приходная часть перспективного регионального транспортно-продовольственного баланса включает в себя:

- запасы к началу планируемого периода;
- перспективный объем производства.

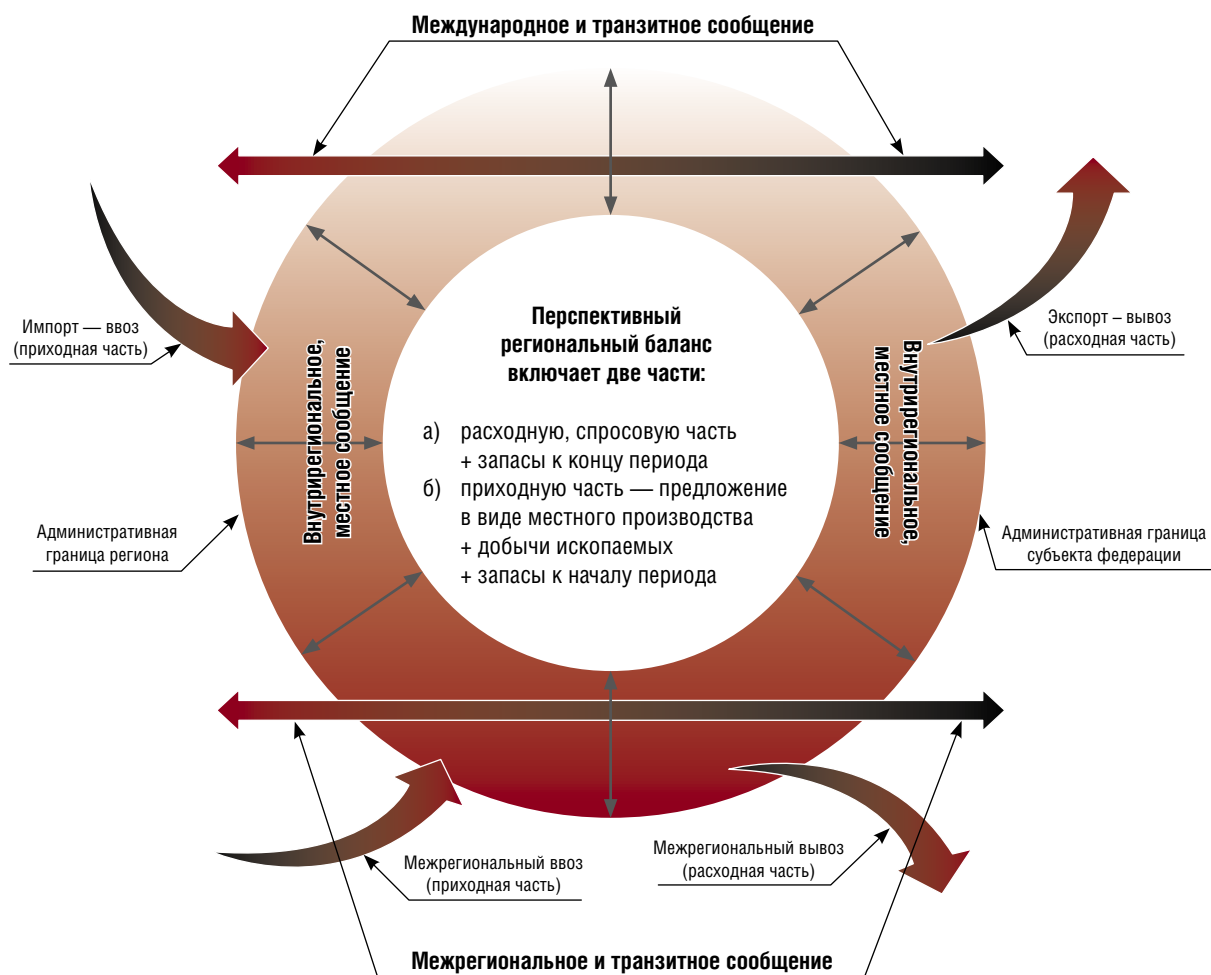


Рис. 3. Концептуальная схема транспортно-экономического территориального баланса

Из данных рис. 3 видно, что региональный грузовой транспорт, обеспечивающий различные виды сообщения, делится на четыре группы:

1) транспорт, который обеспечивает внутрирегиональный, местный спрос на перевозку, не выходящий за административную территорию субъекта;

2) транспорт, который обеспечивает межрегиональный рыночный спрос;

3) транспорт, который обеспечивает спрос на транзитные перевозки, которые оказывают дополнительную нагрузку на региональные пути сообщения;

4) транспорт, который обеспечивает международные внешнеторговые связи по вывозу (экспорту) и ввозу (импорту) в регион.

Выводы

В исследовании разработана теоретическая модель формирования равновесной стоимости — цены (тарифа) на рынке грузовых услуг. Разработаны модель перспективного регионального транспортно-продовольственного баланса и концептуальная схема транспортно-экономического территориального баланса, которые могут использоваться для принятия соответствующих решений. Предложены ключевые факторы образования уровней региональной (местной) продуктовой самообеспеченности и взаимной сбалансированности развития регионального производства и транспорта. С учетом внесенных уточнений по-новому сформулировано научное понятие рынка грузовых транспортных услуг. **ИТ**

Список литературы

1. Портер М. Конкурентная стратегия: методика анализа отраслей и конкурентов / [пер. с англ. Н. Минервин]. 3-е изд. М. : Альпина Бизнес Букс: Компания XXI век, 2007. 452 с. ISBN 978-5-9614-0491-3.
2. «Невидимая рука» рынка / под ред. Дж. Итуэлла, М. Милгейта, П. Ньюмена; пер. с англ. М. : Издательский дом ГУ ВШЭ, 2009. 388 с.
3. Чеботаев А. А. Геотранспортные ресурсы России. М. : Экономика, 2007. 454 с. ISBN 978-5-282-02630-6.
4. Гранберг А. Г. Основы региональной экономики : учебник для вузов. 4-е изд. М. : Издательский дом ГУ ВШЭ, 2004. 495 с.

References

1. Porter M. Competitive strategy : methods of analyzing industries and competitors / [trans. from the English N. Minervin]. 3rd ed. M. : Alpina Business Books : Company XXI century, 2007. 452 p. ISBN 978-5-9614-0491-3.
2. «The Invisible Hand» of the market / edited by J. Itwell, M. Milgate, P. Newman ; translated from English. M. : Publishing House of the Higher School of Economics, 2009. 388 p.
3. Chebotayev A. A. Geotransport resources of Russia. Moscow : Ekonomika, 2007. 454 p. ISBN 978-5-282-02630-6.
4. Granberg A. G. Fundamentals of regional economics : textbook for universities. 4th ed. Moscow : Publishing House of the Higher School of Economics, 2004. 495 p.



Валерий Михайлович Самуйлов
Valeriy M. Samuylov



Татьяна Николаевна Ткачева
Tatyana N. Tkacheva



Василий Александрович Леушин
Vasily A. Leushin



Камилла Анатольевна Ракитина
Kamilla A. Rakitina



Влада Андреевна Гребенщикова
Vlada A. Grebenchikova

Перспективы строительства железнодорожного Северного широтного хода

Prospects for construction of the Northern Latitudinal Railway

Аннотация

В статье рассматриваются перспективы строительства железнодорожного Северного широтного хода, который уменьшит протяженность маршрутов до европейской части России, ускорит товародвижение, оптимизирует загрузку железнодорожной сети РЖД и соединит инфраструктурой крупнейшие населенные пункты Ямало-Ненецкого автономного округа. Строительство Северного широтного хода станет мощным стимулом для развития предприятий по сжижению природного газа, усилит позиции страны в Арктике, ускорит развитие Северного морского пути.

Ключевые слова: Северный широтный ход, порт Сабетта, Транссиб, Северный морской путь, Трансполярная магистраль, Ямал, Урал.

Abstract

The article considers the prospects for construction of the Northern Latitudinal railway, which will reduce the length of routes to the European part of Russia, accelerate the movement of goods, optimize the loading of the Russian Railways railway network and connect the largest settlements of the Yamal-Nenets Autonomous Area with infrastructure. The construction of the Northern Latitudinal Railway will become a powerful incentive for development of natural gas liquefaction enterprises, strengthen the country's position in the Arctic, and accelerate the development of the Northern Sea Route.

Keywords: Northern latitudinal railway, Sabetta port, Transsib, Northern Sea Route, Transpolar mainline, Yamal, Ural.

Авторы Authors

Валерий Михайлович Самуйлов, д-р техн. наук, действительный член РАТ, профессор кафедры «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Татьяна Николаевна Ткачева**, канд. техн. наук, доцент, замдекана строительного факультета Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Василий Александрович Леушин**, магистрант Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Камилла Анатольевна Ракитина**, студент Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС) | **Влада Андреевна Гребенщикова**, студент Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС)

Valeriy M. Samuylov, DSc in Engineering, Full Member of the RAT, Professor, World Economy and Logistics Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | **Tatyana N. Tkacheva**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Dean of Building Faculty, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | **Vasily A. Leushin**, Master's Degree student of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | **Kamilla A. Rakitina**, student of Ural State University of Railway Transport (USURT) | **Vlada A. Grebenchikova**, student of Ural State University of Railway Transport (USURT)

Северный широтный ход (СШХ) — проект строительства железнодорожной магистрали, которая соединит Урал с полуостровом Ямал и Северо-Западом России, а также обеспечит связь транспортной инфраструктуры России через порт Сабетта с Северным морским путем. Магистраль пройдет по маршруту Обская-2 — Салехард — Надым и далее в направлении Нового Уренгоя по реконструированному участку. Железная дорога остро необходима для освоения природных запасов Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО).

Новый стимул проекту «Северный широтный ход» придал Президент РФ Владимир Путин 13 апреля 2022 г. на совещании с Правительством России по вопросам развития Арктической зоны Российской Федерации. В своем выступлении В. В. Путин отметил: «Активная стройка на объектах этой магистрали должна начаться уже в текущем году... Мы давно занимаемся Северным широтным ходом. Запуск этого проекта позволит в том числе разгрузить БАМ и Транссиб, и это принципиально важно с учетом переориентации на восток наших основных экспортных ресурсов» [1].

Проект предполагает создание 707 км железнодорожного коридора, который соединит Северную и Свердловскую железные дороги и обеспечит связь промышленных центров Урала и арктической территории Ямала.

Разрабатываемая железнодорожная магистраль пройдет по маршруту Обская — Салехард — Надым — Новый Уренгой — Коротчаево [2]. Проект включает в себя строительство мостового перехода через реку Обь (2,4 км мостового перехода и 36,7 км железнодорожных подходов), железнодорожной части мостового перехода через реку Надым, составляющей 1,3 км, а также железнодорожной линии Салехард — Надым протяженностью 353,3 км. Некоторые элементы подлежат реконструкции, например, железнодорожные участки Надым — Пангоды (104,1 км), Пангоды — Новый Уренгой — Коротчаево (188,1 км) и Коноша — Котлас — Чум — Лабытнанги (1667 км), включая станцию Обская (рис. 1). По некоторым оценкам, стоимость строительства магистрали составит более 200 млрд рублей.

Северный широтный ход даст возможность вывоза грузов с новых месторождений полуострова Ямал. При сотрудничестве ОАО «РЖД» и правительства ЯНАО подписаны соглашения с главными грузоотправителями по осуществлению грузоперевозок по инфраструктуре СШХ. Грузовой поток линии будет включать в себя углеводородное сырье, преимущественно идущее на экспорт. В восточном направлении будут отправляться в основном строительные грузы: железобетонные изделия, трубы, материалы и оборудование. Строительство СШХ также решит транспортную проблему ЯНАО. Людям, живущим в основной части округа, будет легче добраться до северо-западной части и Салехарда — Северный широтный ход сможет обеспечить круглогодичную транспортную связь между основными городами Ямала.

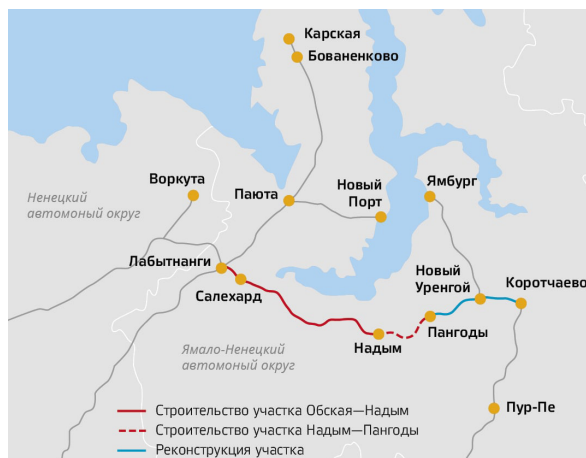


Рис. 1. План строительства Северного широтного хода

Реализация проекта СШХ поможет развитию как региональной экономики, так и экономики России в целом. Северный широтный ход пройдет через комплекс нефтегазовых месторождений Восточной Сибири: Ванкорского кластера, Пайяхской группы, Восточно-Таймырского кластера, Западно-Иркинского участка. Для ресурсного изучения этих приполярных территорий требуется соответствующее развитое транспортно-логистическое сопровождение.

Маршрут СШХ будет соединен с Норильской железной дорогой. Разумеется, это большой вклад в развитие экономики региона, так как у ЯНАО есть возможность диверсификации грузовых и пассажирских транспортных сообщений. При интеграции в общесетевую железнодорожную систему будет осуществляться стабильная доставка грузов и продукции. Это позволит минимизировать существующую зависимость от сезона и периода навигации.

С развитием Северного широтного хода будут усовершенствоваться прилегающие к нему территории, появятся условия для создания на полуострове Ямал высокотехнологичных перерабатывающих производств. Вдобавок СШХ разгрузит существующий южный маршрут, который выходит на Транссибирскую магистраль. К месторождениям Ямало-Ненецкого автономного округа будут проведены железнодорожные подходы. В перспективе также организовать эти подходы на севере Красноярского края, вплоть до Дудинки (которая уже связана изолированной железной дорогой с Норильском). В процессе реализации проекта будет построен совмещенный железнодорожный и автомобильный мост через реку Обь общей протяженностью 40 км с подходами. Затраты на него составят около 60 млрд рублей.

Таким образом, Северный широтный ход не только соединит железнодорожным сообщением такие города, как Салехард и Надым, а также поселок Пангоды с центральной частью России, но и уменьшит протяженность транспортных маршрутов из Западной Сибири в порты Белого, Балтийского, Баренцева и Карского морей.

Цель проекта и текущий статус строительства железнодорожной магистрали

Ключевой целью проекта строительства транспортной железнодорожной магистрали СШХ является обеспечение пропускной способности 23,9 млн т груза, сокращение протяженности транспортных маршрутов от месторождений в северных районах Западной Сибири до портов Баренцева, Балтийского, Белого морей, а также развитие Арктической зоны РФ.

Строительство железнодорожного участка Обская — Салехард — Надым осуществляет специальная проектная компания ООО «СШХ» с использованием механизма государственно-частного партнерства в форме частной концессионной инициативы.

15 сентября 2018 г. было заключено Концессионное соглашение на финансирование, строительство и эксплуатацию инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования «Обская — Салехард — Надым» между проектной компанией ООО «СШХ» и Федеральным агентством железнодорожного транспорта [3].

Важную роль в возобновлении строительства СШХ сыграли проблемы добычи углеводородов, газа и нефти в Ямало-Ненецком автономном округе. Было принято решение о строительстве заводов по сжижению природного газа и выходе на рынок СПГ Европы и Тихоокеанского региона через Северный морской путь. А это большие стройки, создание новых городов, решение вопросов энергоснабжения и доставки оборудования. В итоге выбор был удачным. Россия благополучно освоила новые технологии и с успехом теснит США, первенствующие на рынке СПГ. В декабре 2017 года состоялся пуск завода «Ямал СПГ», первые российские газозавозы отправились в Европу и Азию [4].

В настоящее время необходимо продолжать разработку Южно-Тамбейского, Новопортовского, Восточно-Мессояхского и Ярудейского месторождений и разрабатывать новые.

Порт Сабетта — «главный центр развития Арктики»

Название Сабетта придумали геологи Тамбейской НГРЭ, созданной в 1980 г., после перебазировки ее в поселок из города Лабитнанги. В деревне Сабетта в 2006 г. проживало 19 человек, а на данный момент, благодаря развитию порта и, следовательно, увеличению количества рабочих мест, численность населения повысилась до 22 тысяч человек. Сегодня порт работает в штатном режиме. За прошлый год было принято и обслужено около 1200 судов различного класса и более 3 млн т грузов.

В апреле 2019 г. на выездном совещании Совета Федерации губернатор ЯНАО Дмитрий Артюхов назвал

СШХ ключевым проектом в России на ближайшие годы. Глава региона презентовал порт Сабетта в качестве «главного центра развития Арктики», где «будет формироваться порядка 70 % той искомой цифры в 80 млн тонн по указу президента», и назвал постройку 170 км от Бованенково до Сабетты «историческим шансом» [5].

Проект предусматривает создание транспортной инфраструктуры, включающей морской порт и аэропорт в районе поселка Сабетта, а также перевалочную базу в бельгийском Зебрюгге для доставки газа в страны Азиатско-Тихоокеанского региона в периоды отсутствия транзитной навигации по Северному морскому пути. Данный регион является богатейшим местом по своим запасам, здесь можно производить более 70 млн т сжиженного природного газа и создать хаб с долей на мировом рынке более 15 % по СПГ [6].

Строительство Северного широтного хода — один из главенствующих проектов в Арктической зоне. Новая магистраль — важное условие транспортного обеспечения работ по изучению богатейших месторождений Северного Урала. Проект сформирует стратегически важный транспортный полигон, который дополнит Транссибирскую магистраль, с потенциалом выхода к Арктике, т.е. магистраль сделает рентабельными реализацию многих проектов в труднодоступных сейчас регионах и разгрузит Транссиб.

В январе 2018 г. российская группа строительных компаний «ВИС» и китайская компания China Railway Construction Corporation (CRCC) договорились о сотрудничестве в рамках проекта государственно-частного партнерства по созданию железнодорожной линии Бованенково — Сабетта на Ямале. Документ предусматривает совместную работу по оценке проекта, его технико-экономических параметров, проектной и рабочей документации.

На ежегодной пресс-конференции была отмечена значимость строительства участка железной дороги Бованенково — Сабетта как логического продолжения Северного широтного хода. СШХ открывает возможность выхода на Северный морской путь [7] и формирования дополнительного коридора Север — Юг. При его продолжении будет развиваться транзит китайских грузов через Россию. Транспортный коридор пройдет через Южный и Средний Урал и северные территории региона, где строится Северный широтный ход. При этом север Урала может быть интегрирован в Новый Шелковый путь как по суше, так и по морю — через Сабетту и Севморпуть, выходящий на пространство ШОС, при условии модернизации железнодорожной сети внутри страны.

В Циндао для проекта «Ямал СПГ», который занимается добычей, сжижением и поставками природного газа, построены 36 модулей общим весом 180 тысяч тонн. В 2016 г. из Китая в порт Сабетта были отправлены два крупнейших модуля по производству сжиженного природного газа. 13 сентября 2017 г. прибыли последние модули для завода «Ямал СПГ».

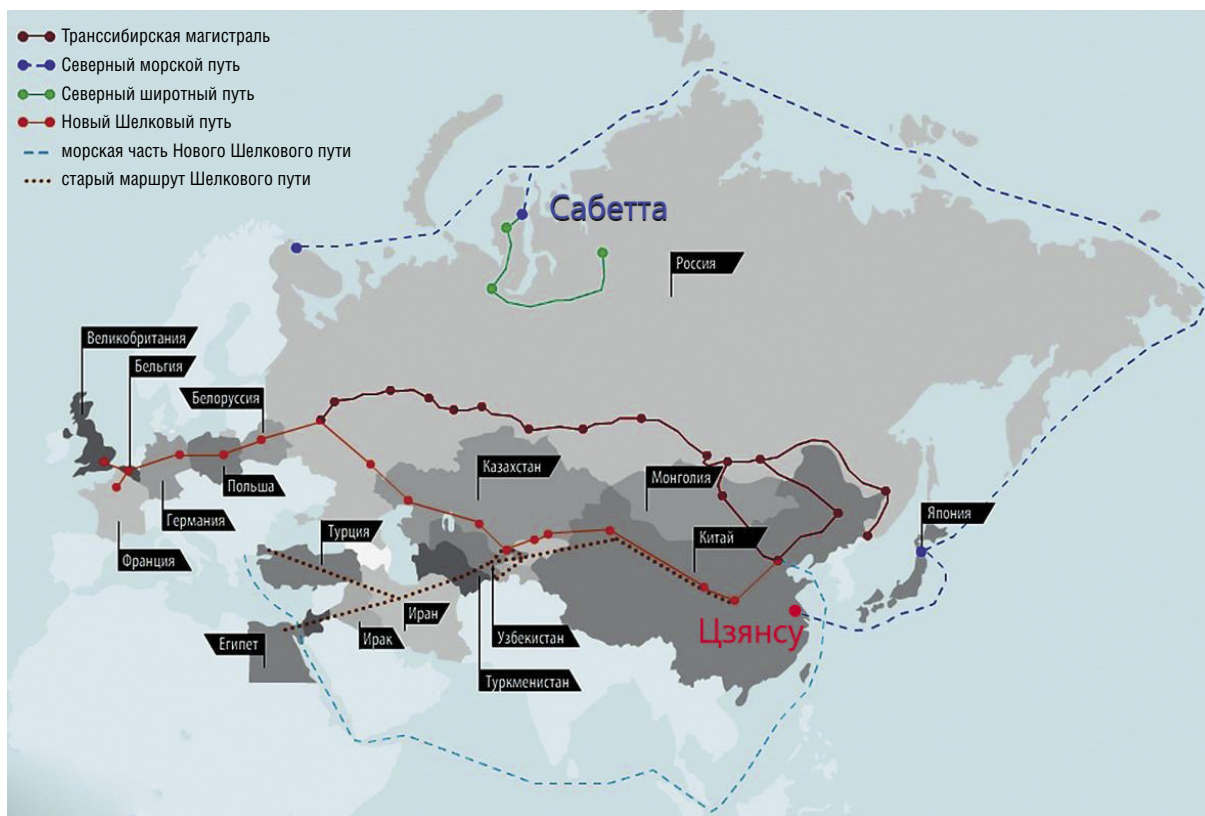


Рис. 2. Маршрут танкера-газовоза Arc7 «Кристоф де Маржери»

В 2021 г. Новоуренгойский таможенный пост тюменской таможни оформил из порта Сабетта на экспорт более 19 млн т сжиженного природного газа и газового конденсата. Товары были отправлены из морского пункта пропуска Сабетта на 257 танкерах-газовозах и 20 конденсатовозах. Среднее время совершения таможенных операций в порту Сабетта составляет всего 1 час.

Порт Сабетта — один из важнейших элементов транспортной инфраструктуры проекта «Ямал СПГ». Газ, произведенный на СПГ-заводе, доставляется прямыми рейсами по Северному морскому пути. Одним из перевозчиков является танкер-газовоз ледового класса Arc7 «Кристоф де Маржери». Так, в январе — феврале 2021 г. судно завершило экспериментальный круговой рейс по маршруту Сабетта — Цзянсу — Сабетта по высокоширотной трассе Северного морского пути (СМП) (рис. 2) [8].

Выводы

Строительство железнодорожного Северного широтного хода необходимо для выполнения важных стратегических задач, направленных на развитие экономики и промышленности России:

1. Перенаправление газа из Евросоюза в Юго-Восточную Азию.
2. Связь полуострова Ямал с промышленностью Урала и Северного морского пути через порт Сабетта.
3. Разгрузка Транссибирской и Байкало-Амурской железнодорожных магистралей.

Строительство Северного широтного хода в Ямало-Ненецком автономном округе станет мощным стимулом для развития предприятий по сжижению природного газа СПГ1 и СПГ2, усилит позиции страны в Арктике, ускорит развитие Северного морского пути. **ИТ**

Список литературы

1. Совещание по вопросам развития Арктической зоны. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/68188>.
2. История и характеристики Северного широтного хода. URL: <https://nstarikov.ru/istorija-i-harakteristiki-severnogo-shirotnogo-hoda-127126>.
3. Создание железнодорожного Северного широтного хода. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9382/page/103290?redirected&id=16988>.

References

1. Meeting on the development of the Arctic zone. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/68188>.
2. History and characteristics of the Northern Latitudinal railway. URL: <https://nstarikov.ru/istorija-i-harakteristiki-severnogo-shirotnogo-hoda-127126>.
3. Creation of the Northern Latitudinal railway. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9382/page/103290?redirected&id=16988>.

4. Стройки Родины. Осилит ли СШХ? URL: <https://zsr.ru/directway/2019/09/21/stroyki-rodinyi-osilim-li-ssh>.
5. Северный. Широтный. Второй. Власти ЯНАО привлекают «НОВАТЭК», «Газпром» и РЖД для реанимации проекта СШХ-2. URL: <https://vgudok.com/lenta/severnyy-shirotnyy-vtoroy-vlasti-yanao-privlekayut-novatek-gazprom-i-rzhd-dlya-reanimacii>.
6. Порт за полярным кругом Сабетта. URL: <https://dmitry-v-ch-l.livejournal.com/222594.html>.
7. 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.
8. Танкер-газовоз Кристоф де Маржери прибыл в порт Сабетта, завершив уникальный круговой рейс по Севморпути. URL: <https://neftegaz.ru/news/transport-and-storage/666910-tanker-gazovoz-kristof-de-marzheri-pribyl-v-port-sabetta-zavershiv>.
4. Homeland construction sites. Will we overcome the NLR (Northern Latitudinal Railway)? URL: <https://zsr.ru/directway/2019/09/21/stroyki-rodinyi-osilim-li-ssh>.
5. Northern. Latitudinal. Second. The authorities of the Yamal-Nenets Autonomous Area involve NOVATEK, Gazprom and Russian Railways for resuscitation of the NLR-2 project. URL: <https://vgudok.com/lenta/severnyy-shirotnyy-vtoroy-vlasti-yanao-privlekayut-novatek-gazprom-i-rzhd-dlya-reanimacii>.
6. The port beyond the Arctic circle of Sabetta. URL: <https://dmitry-v-ch-l.livejournal.com/222594.html>.
7. Samoilov V. M., Serov K. D., Kargapoltseva T. A. Prospects for development of the Northern Sea Route as an international transit highway // Innotrans. 2019. No. 4 (34). Pp. 10–13. ISSN 2311–164X.
8. The gas tanker Christophe de Margerie has arrived at the port of Sabetta, completing a unique round trip along the Northern Sea Route. URL: <https://neftegaz.ru/news/transport-and-storage/666910-tanker-gazovoz-kristof-de-marzheri-pribyl-v-port-sabetta-zavershiv>.



Накип
Закиевич
Сабиров

Nakip Z.
Sabirov



Шамиль
Касымович
Валиев

Shamil` K.
Valiev



Рафаил
Шамильевич
Валиев

Rafail S.
Valiev

Перспективы применения искусственного интеллекта на железнодорожном транспорте

Prospects for the use of artificial intelligence in railway transport

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы применения искусственного интеллекта, выделены основные перспективные направления развития и применения искусственного интеллекта на железнодорожном транспорте. Отмечены активно внедряемые и развивающиеся технологии искусственного интеллекта на железной дороге. Приведены примеры внедрения проектов с элементами искусственного интеллекта на железнодорожном транспорте, в учебных заведениях при разработке тренажеров для обучения в вузах, средних специальных учебных заведениях железнодорожного транспорта и при повышении квалификации специалистов железнодорожных предприятий.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, искусственный интеллект, машинное обучение, искусственные нейронные сети, самообучение, автоматика и телемеханика, цифровые системы, виртуальная и дополненная реальность, учебные тренажеры.

Abstract

The article considers the use of artificial intelligence, highlights the main promising areas of development and application of artificial intelligence in railway transport. Actively implemented and developing artificial intelligence technologies on the railway are noted. Examples of implementation of projects with elements of artificial intelligence in railway transport, at educational institutions in the development of training simulators for learning at universities and secondary specialized educational institutions of railway transport and in the professional development of specialists of railway enterprises are given.

Keywords: railway transport, artificial intelligence, machine learning, artificial neural networks, self-learning, automation and telemechanics, digital systems, virtual and augmented reality, training simulators.

Авторы Authors

Накип Закиевич Сабиров, канд. экон. наук, младший научный сотрудник Челябинского института путей сообщения — филиала Уральского государственного университета путей сообщения (ЧИПС УрГУПС), Челябинск | **Шамиль Касымович Валиев**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Рафаил Шамильевич Валиев**, канд. техн. наук, генеральный директор НПЦ «НовАТранс», Екатеринбург

Nakip Z. Sabirov, Candidate of Economic Sciences, Junior Researcher at Chelyabinsk Institute of Railway Transport – branch of Ural State University of Railway Transport (CHIRT USURT), Chelyabinsk | **Shamil` K. Valiev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Chair "Automation, Telemechanics and Communication in Railway Transport" of Ural State University of Railway Transport (USURT) Yekaterinburg | **Rafail S. Valiev**, Candidate of Technical Sciences, General Director of NovATrans SPC, Yekaterinburg

Исследование вопросов и проблем развития искусственного интеллекта (ИИ) как специальных технологий, позволяющих облегчить, а в некоторых случаях даже полностью заменить умственную работу человека, является в настоящее время актуальной задачей, имеющей огромное научно-теоретическое и практическое значение. Облегчение интеллектуальной нагрузки в современных условиях жизненно необходимо. При этом речь идет не только о хозяйственной, управленческой деятельности, но и о многих других сторонах жизнедеятельности человека.

Цель настоящей работы — проанализировать и обобщить наиболее значимые отечественные и зарубежные разработки в области искусственного интеллекта на основе исторического подхода и логического анализа, проанализировать современное состояние применения ИИ в производстве и повседневной жизни, определить перспективы дальнейшего развития и использования ИИ на железнодорожном транспорте.

История искусственного интеллекта берет начало с 50-х годов прошлого века, когда начали создаваться специальные компьютерные программы, позволяющие играть в шахматы, переводить тексты с одного языка на другой, доказывать некоторые теоремы планиметрии и решать алгебраические задачи. Этим занимались работники корпорации REND А. Ньюэлл, Дж. Шоу и Г. Саймон, профессор компании IBM Л. Достерт и другие ученые в области кибернетики [1].

Позднее, уже в 70-х годах, шахматные партии начали разыгрываться как между машинами, так и между машинами и людьми на уровне чемпионатов мира. Программа, созданная советскими специалистами М. Донским, А. Арлазоровым и А. Битманом, обыграла соответствующую программу из США, а известная американская программа «Дип Блю» победила даже чемпиона мира по шахматам Гарри Каспарова.

Дальнейшее развитие искусственного интеллекта проходило по линии так называемого машинного, статистического или глубинного (глубокого) обучения (англ. deep learning), что подразумевает возможность машины самообучаться. В программе происходят автоматические изменения, позволяющие в дальнейшем реализовывать конкретное задание полнее и качественнее. Возникают технологии, которые на основе сформированной на первом этапе базы данных компьютера позволяют машине самой распознавать и классифицировать вводимую вновь информацию. Автоматически создается комплекс алгоритмов, на основе которых машина делает соответствующие выводы, происходит ее самообучение.

Уникальность глубинного обучения заключается в том, что машина сама определяет ключевые черты, по которым один класс объектов отделяется от другого и структурируется их иерархичность от простых к сложным. При этом важно подчеркнуть, что глубинное обуче-

ние включает в себя целую группу различных технологий [2], которые используются, например, при распознавании речи, образов, изображений, проектировании систем беспилотного управления различными видами транспорта, диагностике технических средств и болезней в здравоохранении, а также для реализации множества других сложных задач, связанных с умственной деятельностью человека.

Современные компьютерные программы позволяют моделировать работу биологических нейронных процессов в живых организмах и человеке. Такие процедуры и технологии получили название искусственных нейронных сетей. Они состоят из трех основных элементов: первый принимает сигналы из внешней среды, второй обрабатывает эту информацию и передает ее в третий выходной элемент, который создает окончательный результат.

В машинном обучении развивается генетическое программирование, позволяющее на основе имитации процесса мутаций в биологических системах решать конкретные задачи, в частности при поиске оптимальных решений.

Совершенствуются технологии машинного перевода текстов. Во второй половине 2000-х годов создана достаточно универсальная программа перевода на разные языки, которая основана на обучающем наборе, позволяющем устанавливать вероятную последовательность тех или иных слов. Ее переводы точнее, хотя и весьма далеки от совершенства: к середине 2012 г. она охватила более 60 языков, а теперь способна принимать голосовой ввод на 14 языках для моментального перевода [3].

Научно-практическое направление искусственного интеллекта очень многогранно. Для ускорения и систематизации работы в сфере ИИ в масштабах всего государства были приняты важные программные документы. Ключевым из них стал Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации», утвердивший Национальную стратегию развития искусственного интеллекта на период до 2030 года [4].

В указе дано четкое определение понятия «искусственный интеллект», обозначены принципы, приоритетные направления, цели, задачи его развития и использования. Здесь же установлены механизмы реализации самой стратегии.

В п. 5 общих положений стратегии раскрываются сущность и содержание искусственного интеллекта:

- 1) ИИ — это комплекс технологий, имитирующих умственную функцию человека;
- 2) ИИ предусматривает возможность самообучения и поиска решений без заранее заданного алгоритма;
- 3) ИИ — это комплекс программ, информационно-коммуникационных технических и технологических структур и сервисов по обработке данных и поиску решений [4].

С учетом положений указа и современных исследований можно выделить основные перспективные направления развития и применения ИИ:

1. Улучшение качества прогнозирования, планирования, принятия управленческих решений в хозяйственной деятельности (включая прогнозирование отказов оборудования, оптимизацию поставок, производственных процессов и финансовых решений).

2. Применение автономного интеллектуального оборудования и робототехнических комплексов.

3. Предотвращение рискованных и нежелательных событий, связанных с монотонным умственным трудом и другими видами интеллектуальной деятельности человека, наносящих вред здоровью.

4. Реализация малолюдных технологий работы предприятий.

5. Оптимизация подбора, расстановки и обучения кадров, составление оптимальных графиков работы и отдыха персонала с учетом разных факторов.

6. Повышение уровня медицинских услуг и здравоохранения в целом за счет более качественной диагностики заболеваний, прогнозирования развития болезней, оптимизации набора и дозировки лекарств.

7. Повышение качества образования за счет улучшения передачи и оценки знаний, определения детей с высокими способностями к тем или иным видам деятельности, повышения уровня профориентации.

8. Повышение уровня и качества государственных, банковских и других услуг населению, а также снижение затрат по их оказанию.

Железнодорожный транспорт является сложной динамичной системой с множеством параметров и показателей деятельности. В этой сфере также внедряются и активно развиваются технологии ИИ:

- совершенствуются и формируются современные системы управления организацией работы отрасли в целом, ее предприятиями, процессами перевозок на основе ситуационных моделей;
- внедряются программы оптимизации провозной способности полигонов, системы обеспечения безопасности и надежности перевозок, беспилотного подвижного состава, интеллектуальной инфраструктуры железных дорог;
- разрабатываются способы получения оперативной информации о режиме работы и возникновении отказов технических средств, их остаточном ресурсе, оптимизации ремонтных циклов, путей сокращения энергопотребления и экономии других ресурсов.

Достаточно ярким и наглядным образцом внедрения ИИ на железнодорожном транспорте служит система управления скоростным движением пассажирских поездов на полигоне Москва — Санкт-Петербург [5]. В отличие от многих зарубежных дорог с изолированными высокоскоростными линиями электропоезда «Сапсан»

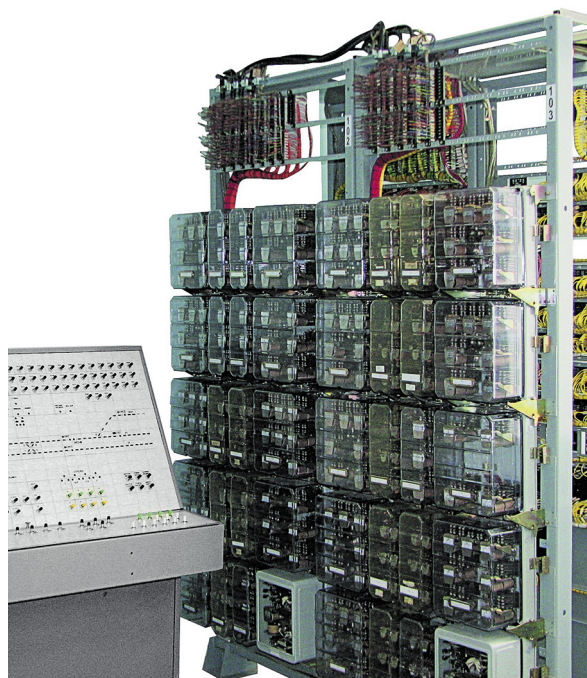


Рис. 1. Учебный тренажер с элементами искусственного интеллекта

курсируют на традиционной магистрали, поэтому потребовалось множество решений, обеспечивающих совместную эксплуатацию скоростных, обычных и пригородных поездов.

Филиал ОАО «НИИАС» в г. Ростове организовал работу по исследованию и мониторингу воздействия природных факторов на состояние искусственных сооружений Северо-Кавказской железной дороги. Работа ведется во главе с доктором технических наук А. Н. Шабельниковым с использованием нейронных сетей и высокочувствительных датчиков [5].

В ОАО «РЖД» также осуществляется ряд проектов с элементами ИИ: интеллектуальные системы управления и системы железнодорожной автоматики и телемеханики [6], цифровая железнодорожная станция, цифровой локомотив, цифровой грузовой вагон, цифровой вокзал, системы технического зрения, биометрические системы идентификации пассажиров, технологии дистанционного зондирования Земли с использованием спутниковых данных и беспилотных авиационных систем [7].

Институт «Гипротрансигнальсвязь» — филиал АО «Росжелдорпроект» разработал автоматическую систему анализа показателей надежности в хозяйстве автоматики и телемеханики с элементами ИИ [8].

Элементы искусственного интеллекта и технологии виртуальной и дополненной реальности применяются при техническом обучении [9]. На рис. 1 представлен учебный тренажер, который используется в хозяйстве автоматики и телемеханики для повышения квалификации специалистов. Тренажер дополнен автоматизированным

рабочим местом (АРМ) преподавателя, анимационными видеороликами о принципах работы изучаемого устройства или системы железнодорожной автоматики и телемеханики с помощью данного тренажера, интерактивной панелью. АРМ преподавателя подробно описан в [9]. На интерактивной панели отображается теоретический материал в виде иллюстраций, анимации или любого другого способа передачи информации, задаются отказы, отображается интерактивный алгоритм поиска отказов, после определения отказа вводится вид и место отказа. Тренажер также дополнен самообучающей программой. После изучения теоретического материала с помощью видеороликов и выполнения работы на данном тренажере вводится отказ с АРМ преподавателя или с интерактивной панели. При поиске отказа используют алгоритм, приведенный на интерактивной панели, который пока-

зывает, где и какие измерения необходимо произвести. После определения места отказа с интерактивной панели передается в АРМ преподавателя.

Анализ исследований в области искусственного интеллекта позволяет определить основные направления развития и использования ИИ в различных областях жизнедеятельности человека. Это имеет практическое значение для применения технологий ИИ на железнодорожном транспорте, особенно в части модернизации систем железнодорожной автоматики и телемеханики, технической диагностики объектов инфраструктуры, при внедрении малолюдных технологий работы предприятий, в обучении аспирантов, студентов вузов и средних специальных учебных заведений железнодорожного транспорта и при повышении квалификации специалистов железнодорожных предприятий. **ИТ**

Список литературы

1. Панов А. И. Искусственный интеллект: современное состояние и перспективы. URL: <https://cs.hse.ru/data/2017/10/08/1159578493/Slides-IntroToAI-HSE-2017-01-Panov.pdf>.
2. Гафаров В. М., Галимзянов А. Ф. Искусственные нейронные сети и приложения : учебное пособие / Ф. М. Гафаров. Казань : Изд-во Казанского университета, 2018. 121 с.
3. Майер-Шенбергер В., Кукьер К. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живем, работаем и мыслим / пер. с англ. Инны Гайдюк. М. : Манн, Иванов и Фербер, 2014. 240 с. ISBN 978-5-91657-936-9.
4. Указ Президента РФ от 10.10.2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731>.
5. Розенберг Е. Н., Иньков Ю. М., Бадер М. П., Феоктистов В. П. Современные технологии для перехода к интеллектуальному железнодорожному транспорту. Доклад на XII Всемирном электротехническом конгрессе, октябрь 2011 г. URL: https://www.ruscable.ru/article/Sovremennyye_tehnologii_dlya_perexoda_k.
6. Охотников А. Л., Зажигалкин А. В. Искусственный интеллект для железной дороги // Автоматика, связь, информатика. 2021. № 5. С. 30–34. ISSN 0005–2329.
7. Охотников А. Л., Зажигалкин А. В. Искусственный интеллект для железной дороги // Автоматика, связь, информатика. 2021. № 6. С. 9–13. ISSN 0005–2329.
8. Ермолаев Р. Б., Задорожный В. В. Развитие автоматизированных систем управления хозяйством автоматики и телемеханики // Автоматика, связь, информатика. 2021. № 9. С. 15–17. ISSN 0005–2329.
9. Валиев Ш. К., Дубров И. А. Инновационные тренажеры систем автоматики и телемеханики // Инновационный транспорт. 2020. № 1 (35). С. 46–50. ISSN 2311–164X.

References

1. Panov A. I. Artificial intelligence: current state and prospects. URL: <https://cs.hse.ru/data/2017/10/08/1159578493/Slides-IntroToAI-HSE-2017-01-Panov.pdf>.
2. Gafarov V. M., Galimzyanov A. F. Artificial neural networks and applications : textbook / F. M. Gafarov. Kazan : Publishing House of Kazan University, 2018. 121 p.
3. Mayer-Schoenberger V., Kukier K. Big data. A revolution that will change the way we live, work and think. In: Hajduk. M. : Mann, Ivanov and Ferber, 2014. 240 p. ISBN 978-5-91657-936-9.
4. Decree of the President of the Russian Federation No. 490 dated 10.10.2019 «On the development of artificial intelligence in the Russian Federation». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731>.
5. Rosenberg E. N., Inkov Yu. M., Bader M. P., Feoktistov V. P. Modern technologies for the transition to intelligent railway transport. Report at the XII World Electrotechnical Congress, October 2011. URL: https://www.ruscable.ru/article/Sovremennyye_tehnologii_dlya_perexoda_k.
6. Okhotnikov A. L., Zazhigalkin A.V. Artificial intelligence for the railway // Automation, communications, informatics. 2021. No. 5. Pp. 30–34. ISSN 0005-2329.
7. Okhotnikov A. L., Zazhigalkin A.V. Artificial intelligence for the railway // Automation, communications, informatics. 2021. No. 6. Pp. 9–13. ISSN 0005-2329.
8. Ermolayev R. B., Zadorozhny V. V. Development of automated systems for managing the economy of automation and telemechanics // Automation, communications, informatics. 2021. No. 9. Pp. 15–17. ISSN 0005-2329.
9. Valiev Sh. K., Dubrov I. A. Innovative simulators of automation and telemechanics systems // Innotrans. 2020. No. 1 (35). Pp. 46–50. ISSN 2311-164X.



**Александр Иванович
Скутин**
Aleksandr I. Skutin



**Николай Валерьевич
Савельев**
Nickolai V. Saveljev

Сравнительная оценка строительства дорог на земляном полотне и на эстакадах

Comparative evaluation of road construction on subgrade and overpasses

Аннотация

В статье рассмотрены особенности строительства дорог на земляном полотне и на эстакадах, выявлены достоинства и недостатки обоих вариантов, дана количественная оценка строительных объемов.

Ключевые слова: земляное полотно, эстакада, опоры, пролетные строения.

Abstract

The article discusses the features of the construction of roads on the subgrade and on overpasses, identifies the advantages and disadvantages of both options, and gives a quantitative assessment of construction volumes.

Keywords: subgrade, overpass, supports, span structures.

Авторы Authors

Александр Иванович Скутин, канд. техн. наук, доцент кафедры «Путь и железнодорожное строительство» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: Askutin@usurt.ru | Николай Валерьевич Савельев, студент Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: nickolaissaveljev@yandex.ru

Aleksandr I. Skutin, Cand. Techn. D., associate Professor of the Department «Road and railway construction» of the Ural state University of railway transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: Askutin@usurt.ru | Nickolai V. Saveljev, student of the Ural state University of railway transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: nickolaissaveljev@yandex.ru

Таблица 1

Сравнительная оценка показателей строительства насыпей и эстакад в условиях ВСМ «Москва — Казань»

Высота насыпи, м	Тип основания	Тип усиления	Единичная стоимость, млн руб.	
			насыпи	эстакады
11,5	Прочное	Нет	0,490	1,510
8,2	Прочное	Нет	0,279	1,318
12,1	Недостаточно прочное	Сваи / до 9 м	1,058	1,668
8,7	Недостаточно прочное	Сваи / до 20 м	0,985	1,091
11,5	Недостаточно прочное	Сваи / до 12 м	0,939	1,801
11,0	Слабое	Сваи / до 25 м	1,595	1,453
11,0	Слабое	Сваи / до 25 м	1,706	1,513

В последние годы создано и реализовано большое количество конструкций и технических решений, предназначенных для строительства железных и автомобильных дорог. Многочисленные труды зарубежных и отечественных ученых демонстрируют разнообразные решения по применению современных технологичных конструкций. При проектировании новых дорог рассматривается комплексное применение земляного полотна и эстакад.

Для комплексной оценки вариантов требуются методики расчетов объемов различного характера, поэтому для начала необходимо определить границы, которые разделяют земляное полотно и эстакады. Чтобы выделить эти участки, необходимо провести технико-экономическое обоснование.

Опыт исследований при проектировании высокоскоростной магистрали «Москва — Казань» показал, что при недостаточно прочных или слабых основаниях строительство эстакад становится наиболее эффективным по сравнению с насыпями (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что при снижении прочности оснований строительство эстакад становится наиболее экономически выгодным решением. Это подтверждается в исследовании [1]: «... для двухпутных линий, проектируемых в инженерно-геологических условиях (ИГУ) умеренной сложности, рационально заменить насыпи эстакадами при их высоте более 11–12 м, а в особо сложных ИГУ эстакады целесообразно возводить при рабочих отметках более 8 м».

Помимо экономических показателей, следует учитывать экологические и социальные факторы. Так, при сооружении земляного полотна полностью нарушается растительный слой, в то время как при возведении опор эстакад это происходит частично. Наличие высоких насыпей практически разделяет территорию, делая проблематичным проход и проезд с одной стороны насыпи на дру-

гую. Сооружение эстакад вместо высоких насыпей эту проблему снимает, так как под пролетными строениями возможен проход людей и животных, проезд транспорта.

Стоит подчеркнуть, что проектируемая новая дорога пересекает многочисленное количество стоков, ручьев и рек, что предполагает возведение таких искусственных сооружений, как малые мосты, круглые и прямоугольные водопропускные трубы. Нельзя исключать, что во время эксплуатации дороги могут появиться проблемы, связанные с размывом земляного полотна сточными водами. Потребуется более тщательное текущее содержание земляного полотна в имеющихся условиях эксплуатации. Поэтому применение эстакад позволит решить ряд проблем, связанных с эксплуатацией линии, несмотря на высокую стоимость конструкций.

Дадим численную оценку объемов земляных масс и мостовых конструкций, необходимых для строительства дорог с различными техническими решениями.

Конструкция земляного полотна определяется его высотой и грунтами, из которых оно сооружается, с учетом геологических, гидрологических и климатических условий местности.

В работе [2] проведена оценка строительства двухпутных дорог на совмещенном и раздельном земляном полотне. В соответствии с [3, 4] ширина земляного полотна поверху на прямых участках должна быть для недренирующих грунтов не менее 11,7 м, а для дренирующих — 10,7 м. Для однопутных железных дорог этот параметр составляет 7,6 м и 6,6 м соответственно. Крутизна откосов насыпей в крупнообломочных грунтах и песках средней крупности составляет 1:1,5 независимо от высоты, а в песках мелких и глинистых грунтов крутизна откосов в нижней части от 6 м до 12 м должна быть 1:1,75. В слабых грунтах регламентируется крутизна откосов 1:1,75 или даже 1:2.

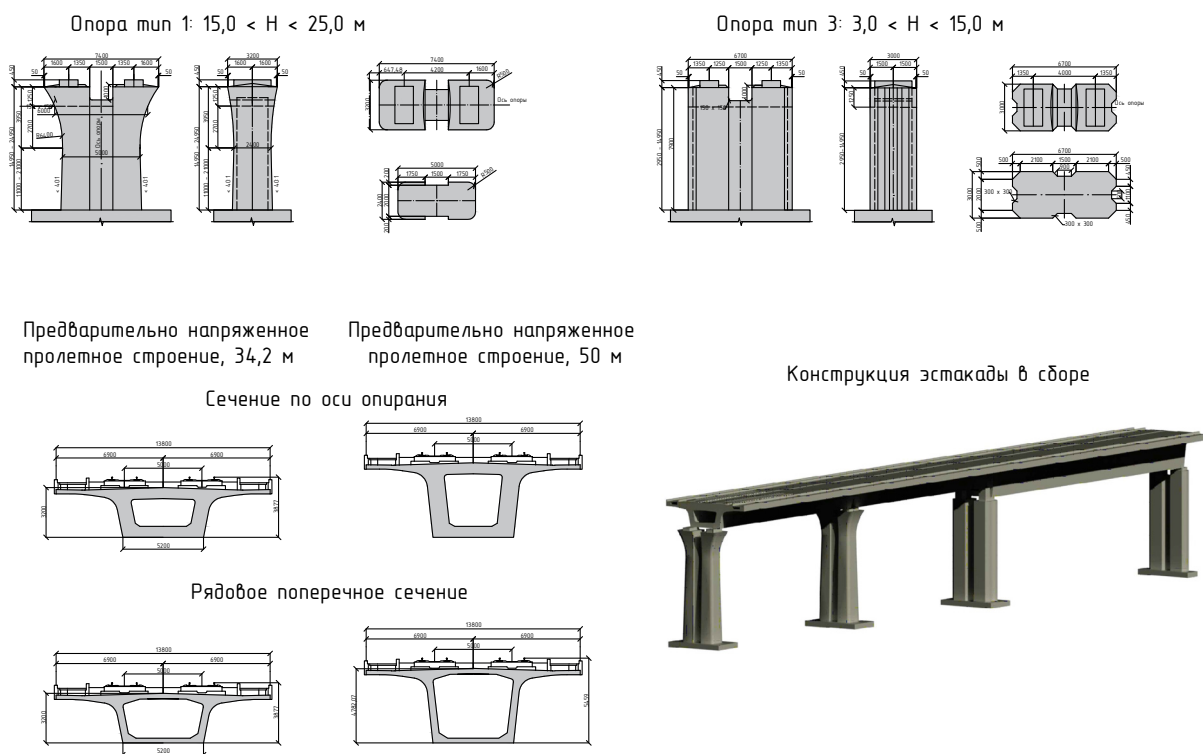


Рис. 1. Пролетные строения и опоры, применяемые в конструкциях эстакад

Нормативные документы [3, 4] допускают возможность применения виадуков и эстакад вместо высоких насыпей.

Понятно, что не весь спектр мостовых конструкций может применяться в определенных геологических, топографических и эксплуатационных условиях. В настоящее время практика строительства определила наиболее популярные конструкции эстакад с известными и доступными техническими параметрами, эксплуатационными и стоимостными характеристиками. При выборе конструкций эстакад используются следующие параметры: инженерно-геологические условия, типы и размеры конструкций, стоимостные показатели строительства данных сооружений.

В результате выявлено, что наиболее часто применяются два типа конструкций эстакад, представленные на рис. 1, при проектировании которых предусматривается применение двух типов опор — «тип 1» и «тип 3» и двух типов пролетных строений длиной 34,2 м и 50 м.

Элементы эстакад имеют сложные очертания в трехмерном пространстве. Более подробно изучались некоторые особенности эстакад, такие как высота опор под пролетными строениями разной длины и строительная высота, зазоры между пролетными строениями.

Для определения реального диапазона разделения трассы на участки насыпей и эстакад запроектирована

трасса между станциями Шаля и Илим. На намеченном плане железной дороги рассмотрены три варианта продольных профилей (рис. 2). Первый вариант профиля запроектирован, исходя из традиционных взглядов вписывания в рельеф местности. Второй и третий варианты запроектированы по принципам оптимизации движения поездов, то есть элементами наибольшей длины с наименьшей алгебраической разностью уклонов смежных элементов. Для каждого варианта рассмотрены решения по продольному профилю, запроектированному как на земляном полотне, так и с максимальным применением эстакад. Ранее аналогичный подход к проектированию трасс рассматривался в [5].

Объемы земляных масс по вариантам продольных профилей при устройстве земляного полотна без эстакад и с эстакадами приведены в табл. 2. Из таблицы видно, что применение эстакад вместо высоких насыпей значительно снижает объемы земляных масс, хотя при этом увеличивается потребность в железобетонных конструкциях.

Для вариантов проектных линий с применением эстакад определены основные объемно-строительные показатели, представленные в табл. 3. При анализе данных таблицы следует иметь в виду, что варианты продольного профиля существенно отличаются принципами проектирования, о чем упоминалось выше.

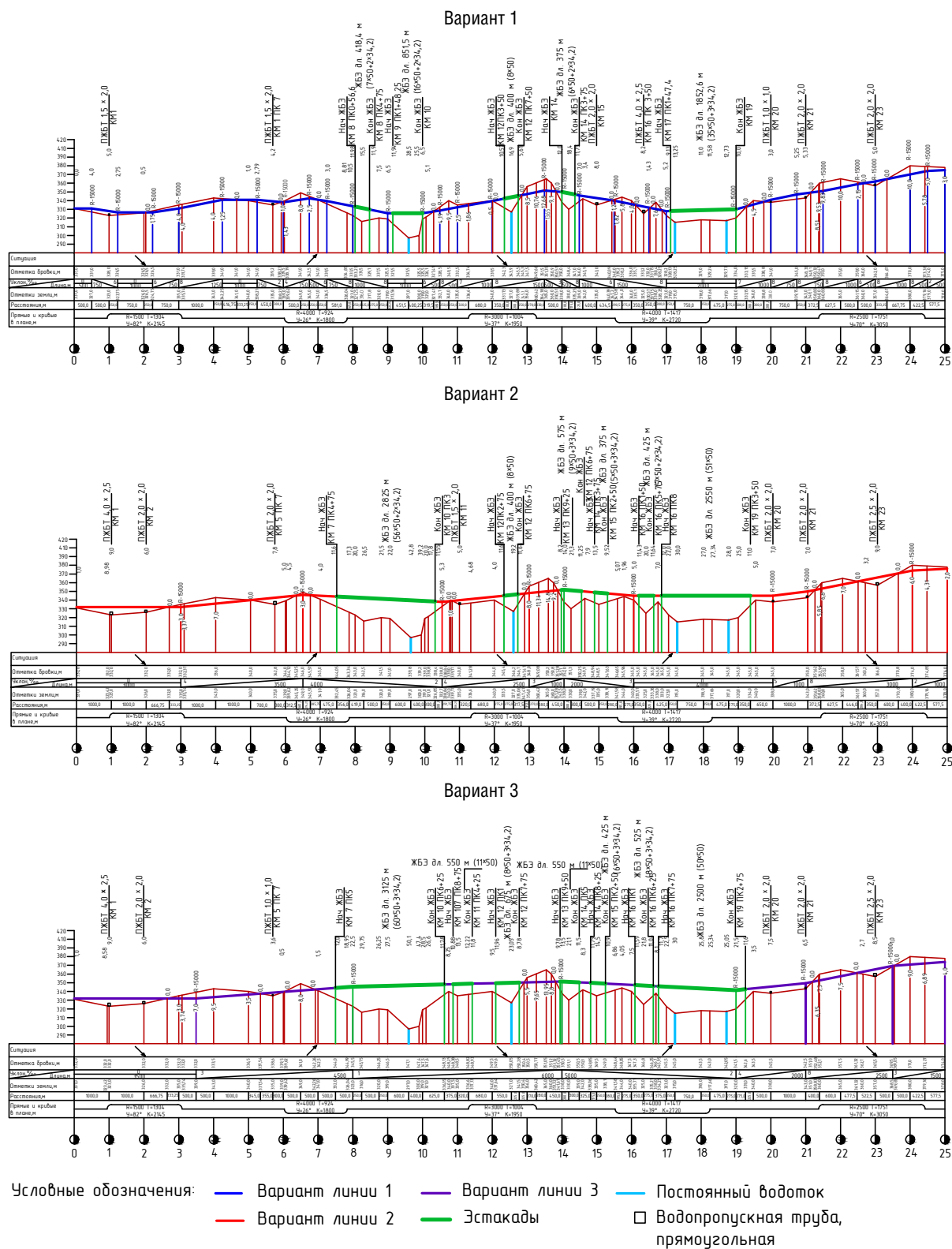


Рис. 2. Продольные профили по вариантам

Таблица 2

Объемы земляных масс по вариантам

Наименование показателей	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Объем земляных масс при устройстве земляного полотна из высоких насыпей, м ³	4 092 020	10 024 997	12 141 801
Объем земляных масс при устройстве земляного полотна с применением эстакад, м ³	2 067 598	2 099 971	2 354 147
Коэффициент соотношения объемов земляных масс	1,98	4,77	5,15

Таблица 3

Объемно-строительные показатели вариантов продольного профиля

Наименование показателей	Ед. изм.	Параметры профиля		
		Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Объем работ по сооружению земляного полотна	м ³	2 067 598	2 099 971	2 354 147
Объем железобетонных конструкций эстакад	м ³	67783	140789	167910
Протяженность земляного полотна	м	21086	17850	16650
Протяженность эстакад	м	3914	7150	8350
Количество ИССО	шт.	12	13	13
Удельный объем земляных масс	м ³ /км	98055	117 645	141 390
Удельный объем железобетона для эстакад	м ³ /км	17318	19691	20109

А. И. Скутин, Н. В. Савельев | Сравнительная оценка строительства дорог на земляном полотне и на эстакадах

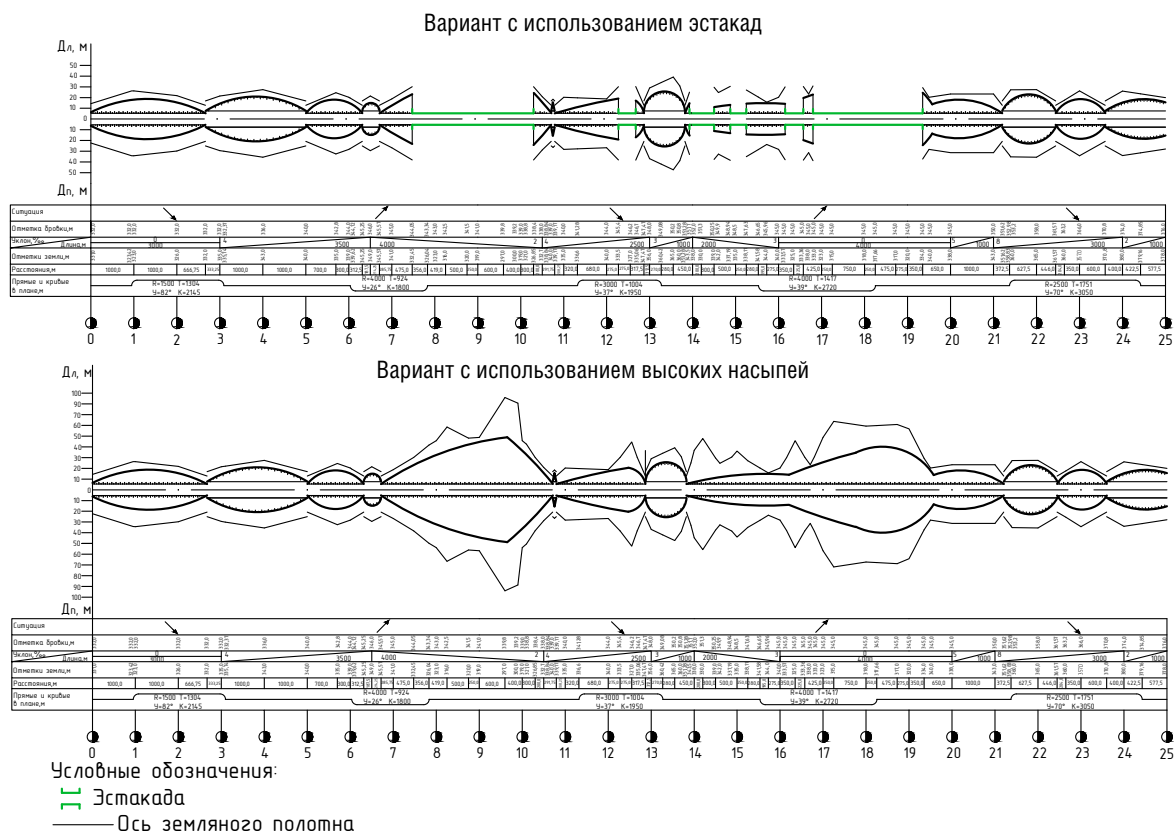


Рис. 3. Ситуационный план полосы отвода второго варианта новой линии

Таблица 4

Показатели полосы отвода земли

Наименование показателей	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Площадь полосы отвода трассы с высокими насыпями, км	1,39	1,72	1,84
Площадь полосы отвода трассы с эстакадами, км	1,07	0,93	0,92
Коэффициент соотношения занимаемых площадей	1,30	1,85	2,00

Особого внимания заслуживают исследования размеров полосы отвода по каждому из вариантов трасс, запроектированных на земляном полотне и с массовым применением эстакад. Пример полосы отвода земли по вариантам показан на рис. 3, а численные показатели — в табл. 4. Отметим, что пиковые значения отклонений крайних размеров полосы отвода от оси пути

составили: для вариантов трасс с высокими насыпями — 110 м, в то время как для вариантов с эстакадами — 45 м.

Таким образом, проведенные исследования показали, что в современных условиях строительство дорог с широким использованием эстакад вместо высоких насыпей во многих случаях целесообразно, экономически, экологически и социально обосновано. **ИТ**

Список литературы

1. Копыленко В. А. Технические предпосылки снижения стоимости строительства ВСМ // Транспорт Российской Федерации. 2017. № 4 (71). С. 51–55. ISSN 1994–831X.
2. Скутин А. И., Скутина О. Л. Сравнительная оценка строительства вторых путей на совмещенном и отдельном земляном полотне // Инновационный транспорт. 2021. № 4 (42). С. 46–51. ISSN 2311–164X.
3. СТН Ц-01–95. Строительно-технические нормы министерства путей сообщения Российской Федерации. Железные дороги колеи 1520 мм. М.: МПС России, 1995. 87 с.
4. СП 119.13330.2017. Свод правил. Железные дороги колеи 1520 мм. Актуализированная редакция СНиП 32–01–95. М.: Стандартинформ, 2018. 36 с.
5. Скутин А. И., Касимов М. А. Особенности проектирования ВСМ для пассажирского движения в условиях Урала // Инновационный транспорт. 2019. № 3 (33). С. 46–50. ISSN 2311–164X.

References

1. Kopylenko V. A. Technical prerequisites for reducing the cost of construction of the HSR // Transport of the Russian Federation. 2017. No. 4 (71). Pp. 51–55. ISSN 1994-831X.
2. Skutin A. I., Skutina O. L. Comparative assessment of the construction of second tracks on a combined and separate roadbed // Innotrans. 2021. No. 4 (42). Pp. 46–51. ISSN 2311-164X.
3. STN C-01-95. Construction and technical standards of the Ministry of Railways of the Russian Federation. Railways of gauge 1520 mm. M.: Ministry of Railways of Russia, 1995. 87 p.
4. SP 119.13330.2017. A set of rules. Railways of 1520 mm gauge. Updated edition of SNiP 32-01-95. Moscow: Standardinform, 2018. 36 p.
5. Skutin A. I., Kasimov M. A. Design features of the HSR for passenger traffic in the Urals // Innotrans. 2019. No. 3 (33). Pp. 46–50. ISSN 2311-164X.



Сергей Анатольевич
Ситников

Sergey A. Sitnikov



Юлия Маратовна
Гарифуллина

Yulia M. Garifullina

Анализ исходных расчетных параметров, влияющих на емкость путевого развития приемоотправочного парка грузовой станции

Analysis of the initial design parameters affecting the capacity of the track development of the cargo station arrival and departure park

Аннотация

В статье приводится анализ одной из действующих методик определения необходимого путевого развития приемоотправочного парка грузовой станции. Особое внимание уделено вопросу выявления исходных расчетных параметров, оказывающих значительное влияние на конечный результат. Сложная многовариантная задача определения емкости путевого развития требует конкретизации решения отдельных вопросов данного аспекта.

Ключевые слова: грузовая станция, приемоотправочный парк, среднесуточный вагонопоток, приемоотправочные пути, продолжительность занятия пути, коэффициент вариации интервалов поступления и отправления передач, коэффициент загрузки маневровых локомотивов, вычислительные эксперименты.

Abstract

The article provides the analysis of one of the current methods for determining the necessary track development of the cargo station arrival and departure park. Special attention is paid to the issue of identifying the initial design parameters that have a significant impact on the final result. The complex multivariate task of determining the capacity of travel development requires concretization of the solution of individual issues of this aspect.

Keywords: freight station, arrival and departure park, average daily car traffic, arrival and departure tracks, duration of track occupation, coefficient of variation of transmission arrival and departure intervals, load factor of shunting locomotives, computational experiments.

Авторы Authors

Сергей Анатольевич Ситников, канд. техн. наук, доцент кафедры «Станции, узлы и грузовая работа» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Юлия Маратовна Гарифуллина, магистрант Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Sergey A. Sitnikov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Chair "Stations, Hubs and Cargo Work" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | Yulia M. Garifullina, Graduate student of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg

Актуальность проблемы

Стратегия развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года определяет основные направления реализации поставленных задач. Стратегические приоритеты развития инфраструктуры заключаются в снижении издержек, строительстве окупаемых дополнительных путей под возрастающие объемы перевозок. Инфраструктура железнодорожного транспорта общего пользования — это технологический комплекс, включающий в себя железнодорожные пути общего пользования и железнодорожные станции. Ключевыми проблемами инфраструктурного комплекса в настоящее время являются несоответствие уровня пропускной способности на отдельных направлениях спросу со стороны рынка перевозок, наличие около 10,2 тыс. км «узких мест»; высокий износ отдельных элементов инфраструктуры [1].

Холдингом «РЖД» принята и реализуется программа модернизации основных станций на сети, в соответствии с которой предполагается реализация мероприятий по увеличению длины путей, модернизации парков, внедрению автоматизированных систем управления. Помимо прочего, стратегической задачей в области содержания и ремонта инфраструктуры является совершенствование технологических нормативов с учетом достигнутого уровня техники и технологий, а также масштабов внедрения участков инфраструктуры, модернизированных с применением современных технических решений. В современных условиях необходимое количество приемоотправочных путей на грузовой станции рекомендуется принимать согласно данным, представ-

ленным в [2–4]. В отдельных случаях используется метод имитационного моделирования, подразумевающий разработку модели для конкретного проекта, что связано с достаточно большим объемом работы. Профессором Н. В. Правдиным предложен аналитический метод расчета потребной емкости путевого развития для неспециализированной грузовой станции [5].

Ввиду сложности предложенной методики расчета была поставлена цель — определить расчетные параметры, оказывающие наибольшее влияние на необходимое число путей в приемоотправочном парке грузовой станции, и выполнить расчеты для определения зависимости числа приемоотправочных путей от следующих параметров:

- интервалов поступления передач;
- интервалов отправления передач;
- времени расформирования передач;
- интервалов обслуживания в парке;
- продолжительности занятия пути технологическими операциями по прибытии;
- продолжительности занятия пути технологическими операциями по отправлении;
- загрузки маневровых локомотивов;
- загрузки выходного участка.

Диапазоны изменения расчетных параметров приняты на основе статистических наблюдений на станциях Уральского региона.

Результаты выполненных вычислительных экспериментов сведены в табл. 1–8. По полученным результатам построены соответствующие графики зависимостей, приведенные на рис. 1–8.

Таблица 1

Зависимость числа приемоотправочных путей от интервалов поступления передач

Интервал поступления передач, $V_{пер}$	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1	1,05
Число приемоотправочных путей, $m_{по}^Г$	1,66	1,71	1,76	1,81	1,88	1,94	2,01	2,08	2,16	2,25	2,33	2,43

Таблица 2

Зависимость числа приемоотправочных путей от интервалов отправления передач

Интервал отправления передач, $V_{вых}$	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75
Число приемоотправочных путей, $m_{по}^Г$	1,89	1,9	1,93	1,95	1,98	2,01	2,04	2,08	2,12	2,17	2,22

Таблица 3

Зависимость числа приемоотправочных путей от времени расформирования передач

Время расформирования передач, $v_{рп}$	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45
Число приемоотправочных путей, $m_{по}^Г$	1,95	1,96	1,99	2,01	2,04	2,07	2,11

Таблица 4

Зависимость числа приемоотправочных путей от интервалов обслуживания в парке отправления

Интервал обслуживания в парке отправления, $v_{об}$	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45
Число приемоотправочных путей, $m_{по}^Г$	1,97	1,98	1,99	2,01	2,03	2,06	2,08

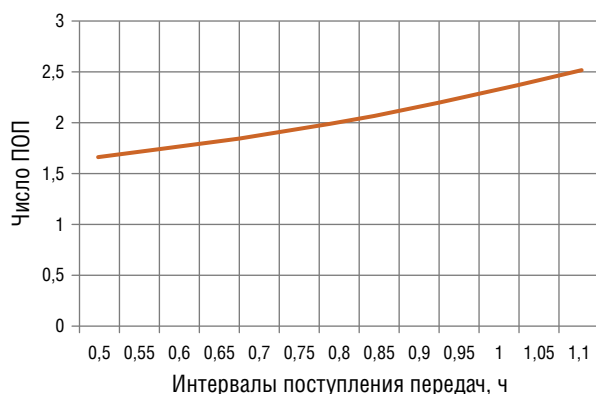


Рис. 1. Зависимость числа приемоотправочных путей от коэффициента вариации интервалов поступления передач

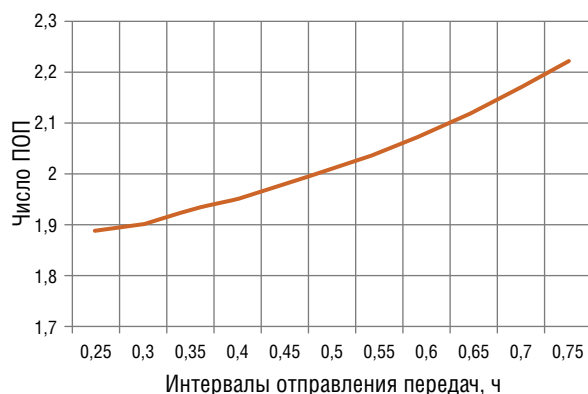


Рис. 2. Зависимость числа приемоотправочных путей от интервалов отправления передач

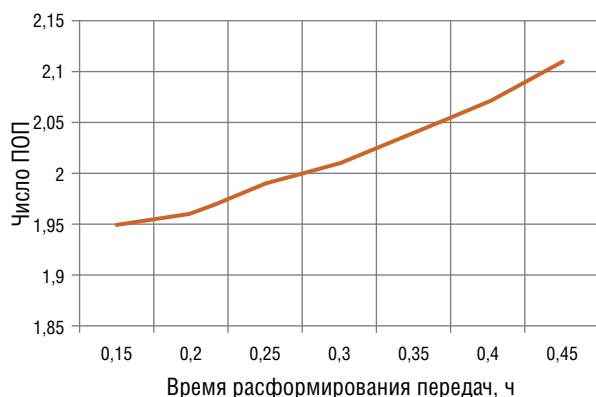


Рис. 3. Зависимость числа приемоотправочных путей от коэффициента вариации интервалов времени расформирования передач

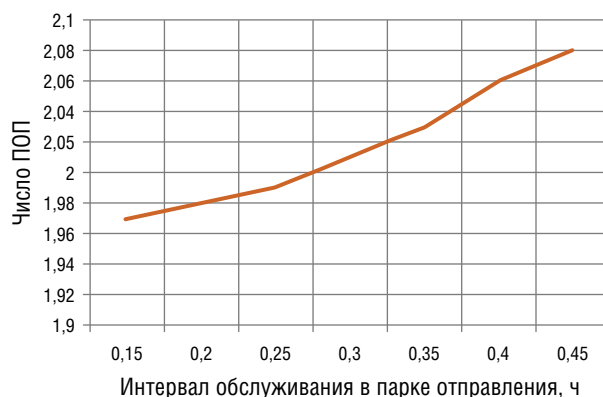


Рис. 4. Зависимость числа приемоотправочных путей от интервалов обслуживания в парке отправления

Таблица 5

Зависимость числа приемоотправочных путей от занятия пути технологическими операциями по прибытии

Время занятия пути технологическими операциями, $t_{\text{ТО}}^n$	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
Число приемоотправочных путей, $m_{\text{ПО}}^r$	1,88	1,92	1,95	1,98	2,01	2,04	2,07	2,1	2,14

Таблица 6

Зависимость числа приемоотправочных путей от занятия пути технологическими операциями по отправлении

Время занятия пути технологическими операциями, $t_{\text{ТО}}^n$	0,8	0,85	0,9	0,95	1	1,05	1,1	1,15	1,2
Число приемоотправочных путей, $m_{\text{ПО}}^r$	1,89	1,92	1,95	1,98	2,01	2,04	2,07	2,1	2,13

Таблица 7

Зависимость числа приемоотправочных путей от загрузки маневровых локомотивов

Загрузка маневровых локомотивов, $\rho_{\text{л}}$	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8
Число приемоотправочных путей, $m_{\text{ПО}}^r$	1,55	1,62	1,72	1,84	2,01	2,26	2,64

Таблица 8

Зависимость числа приемоотправочных путей от загрузки выходного участка

Загрузка выходного участка, $\rho_{\text{вых}}$	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8
Число приемоотправочных путей, $m_{\text{ПО}}^r$	1,88	1,91	1,95	2,01	2,09	2,21	2,38

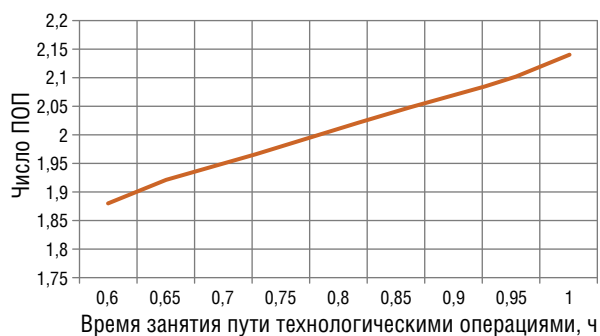


Рис. 5. Зависимость числа приемоотправочных путей от занятия пути технологическими операциями по прибытии

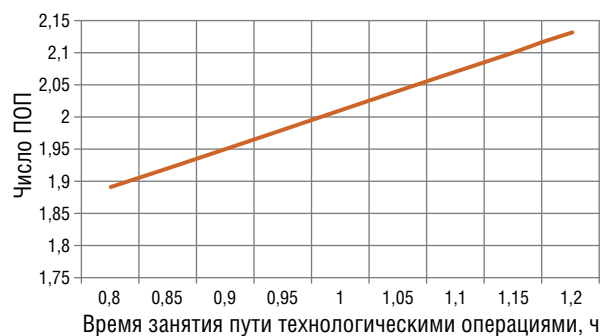


Рис. 6. Зависимость числа приемоотправочных путей от занятия пути технологическими операциями по отправлении

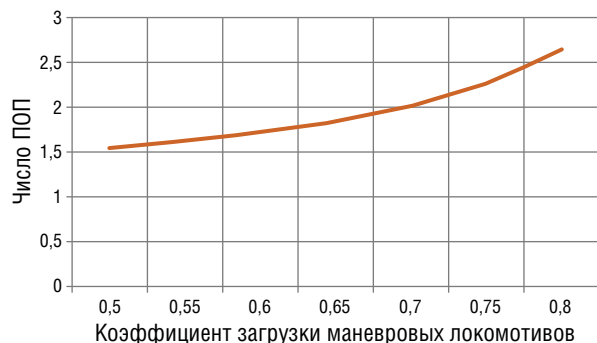


Рис. 7. Зависимость числа приемоотправочных путей от загрузки маневровых локомотивов

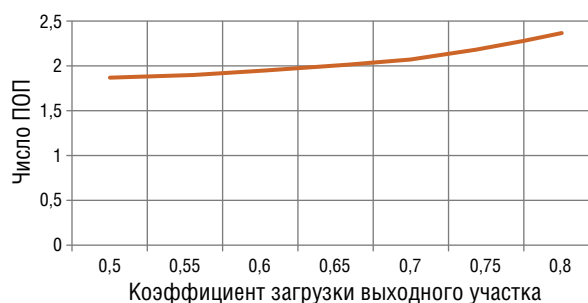


Рис. 8. Зависимость числа приемоотправочных путей от загрузки выходного участка

Выводы

Выполненные расчеты показывают, что число приемоотправочных путей в большей степени зависит от интервалов поступления и отправления передач, а также

от загрузки маневровых локомотивов на станции. Остальные исходные расчетные параметры, рассмотренные в настоящем исследовании, не оказывают существенного влияния на конечный результат. **ИТ**

Список литературы

1. Развитие механизмов государственного регулирования, создающих условия для привлечения и защиты инвестиций в инфраструктурные отрасли (на примере железнодорожного транспорта) / М. М. Суюнчев, О. О. Мозговая, Д. В. Агафонов, 2016. 41 с.
2. Правила и технические нормы проектирования железнодорожных станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. М. : ТЕХИНФОРМ, 2001. 256 с.
3. Железнодорожные станции и узлы : учебник / В. И. Апатцев и др.; под ред. В. И. Апатцева и Ю. И. Ефименко. М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. 855 с.
4. Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы) : учебник / Н. В. Правдин, С. П. Вакуленко, А. К. Головнич и др.; под ред. Н. В. Правдина и С. П. Вакуленко. М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. 1086 с.
5. Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчеты) : учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта / Н. В. Правдин, В. Г. Шубко, Е. В. Архангельский и др.; под ред. Н. В. Правдина и В. Г. Шубко. М. : Маршрут, 2015. 502 с.

References

1. Development of state regulation mechanisms that create conditions for attracting and protecting investments into infrastructure industries (on the example of railway transport) / M. M. Suyunchev, O. O. Mozgovaya, D. V. Agafonov. 2016. 41 p.
2. Rules and technical standards for the design of railway stations and hubs on 1520 mm gauge railways. M. : TECHINFORM, 2001. 256 p.
3. Railway stations and hubs : textbook / V. I. Apatsev et al. ; edited by V. I. Apatsev and Yu. I. Efimenko. M. : FSBEI «Educational and Methodological Center for Education in railway transport», 2014. 855 p.
4. Designing the infrastructure of railway transport (stations, railway and transport hubs) : textbook / N. V. Pravdin, S. P. Vakulenko, A. K. Golovnich, etc. ; edited by N. V. Pravdin and S. P. Vakulenko. M. : FSBEI «Educational and Methodological Center for Education in Railway Transport», 2012. 1086 p.
5. Railway stations and hubs (tasks, examples, calculations) : a textbook for universities of railway transport / N. V. Pravdin, V. G. Shubko, E. V. Arkhangelsky, etc.; edited by N. V. Pravdin and V. G. Shubko. M. : Route, 2015. 502 p.



Александр Васильевич Смольянинов
Alexander V. Smolyaninov



Виталий Федорович Кармацкий
Vitaly F. Karmatskiy



Денис Владимирович Волков
Denis V. Volkov

О жизненном цикле колесной пары грузового вагона

Regarding the life cycle of a freight railcar wheelset

Аннотация

В статье отмечается, что основная доля расходов на содержание парка грузовых вагонов приходится на их текущий, депоовской и капитальный ремонты. На стоимость ремонта вагонов существенно влияет рост цен на колесные диски, новые и капитально отремонтированные колесные пары. В работе исследуются пути снижения этих затрат за счет увеличения жизненного цикла колесной пары и продления ее ресурса в эксплуатации. Анализируются предложения ряда авторов по увеличению твердости на поверхности катания колеса, по уменьшению износа гребня колеса, внесению изменений в ремонтную документацию, внедрению в вагоноремонтное производство новых IT-сервисов. Рассматриваются вопросы по применению технологии блокчейн для управления жизненным циклом колесных пар. Даны предложения по участию вузовского научного сообщества в решении обозначенных проблем.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, вагонный комплекс, расходы на содержание вагонного парка, колесная пара, капитальный ремонт колесных пар, цельнокатаное колесо, поверхность катания обода колеса, гребень колеса, тонкий гребень, жизненный цикл, IT-сервисы, блокчейн.

Abstract

The article notes that the main share of the costs for maintaining a fleet of freight cars falls on their current, depot and overhaul repairs. The cost of car repairing is significantly affected by the increase in prices for wheels, new and overhauled wheelsets. The paper explores ways to reduce these costs by increasing the life cycle of the wheelset and extending its service life. The proposals of a number of authors are analyzed to increase the hardness on the surface of the rolling wheel, to reduce the wear of the wheel crest, to make changes to the repair documentation, to introduce new IT services into the car repair production. Issues of the use of blockchain technology for management of the life cycle of wheelsets are considered. Proposals are given for participation of the university scientific community in solving the identified problematic issues.

Keywords: railway transport, carriage complex, maintenance costs of the carriage fleet, wheelset, wheelset overhaul, solid-rolled wheel, wheel rim rolling surface, wheel crest, thin crest, life cycle, IT services, blockchain.

Авторы Authors

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

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



Анализ текущего состояния дел в вагонном комплексе страны указывает на ежегодный рост производственных расходов на содержание вагонного парка. Основная доля этих расходов приходится на текущий ремонт вагонов в объеме ТР-1 и ТР-2, деповской и капитальный ремонт вагонов, капитальный ремонт колесных пар, замену деталей и узлов вагонов по сроку службы и техническому состоянию, не включаемых в стоимость планового и текущего ремонта. Объективных и субъективных причин роста расходов множество [1]. Эксперты Ассоциации операторов железнодорожного подвижного состава выделяют их общие черты:

- рост цен на плановые ремонты вагонов. На протяжении 2021 г. вагоноремонтные компании три раза повышали цены на плановые ремонты вагонов;
- рост цен на крупное вагонное литье (КВЛ). В среднем цены на ремонтпригодные колесные пары за два последних месяца 2021 г. выросли на 9,1 %, на боковые рамы — на 12,3 %, надрессорные балки — на 7,1 %;
- рост цен на капитальный ремонт колесной пары;
- рост суммарных расходов на текущий ремонт вагонов.

В ноябре 2021 г. средняя цена за капитальный ремонт колесной пары составила 139 тыс. рублей, а на некоторых ремонтных предприятиях она доходит до 150 тыс. рублей и выше. В первую очередь на стоимость капитального ремонта колесных пар влияет стоимость самого диска колеса, который в настоящее время находится в дефиците по ряду причин [1].

Но на ближайшую перспективу до 2025 г. экспертами прогнозируется снижение спроса на железнодорожные колеса. Предполагается рост объемов выпуска колес в 1,5–2 раза за счет существенного увеличения мощностей для производства колес на существующих заводах и строительства двух новых заводов. Вагоноремонтные компании, вышедшие из состава ОАО «РЖД», активно создают либо реконструируют вагоноколесные мастерские и увеличивают объемы для капитального ремонта колесных пар.

За последние 10 лет число отцепок в ТР-2 выросло на 65,8 %, несмотря на существенное обновление вагонного парка и появление инновационных вагонов. Более 50–60 % отцепок вагонов приходится на неисправности колесных пар, требующие обязательной обточки колес. Так, в 2011 г. доля отцепок по колесным парам составляла 54 %, а в 2020 г. она составила 63,6 %, рост на 9,6 %.

В это же время резко возрос процент отцепок вагонов в ремонт из-за неисправности колесных пар по причине тонкого гребня и выщербин обода колеса [2]. В 2011 г. по дефекту «тонкий гребень» было отцеплено 9 % вагонов от общего числа отцепок. В 2017 г. этот показатель поднялся до 45 %. В 2019 г., когда ввели новый предельный норматив по толщине гребня колеса в 24 мм, число отцепок в ТР-2 по этому дефекту уменьшилось до 36 %, но в последующие два года оно опять выросло до 38–40 %. Поэтому не случайно, что у производителей вагонов, собственников и операторов подвижного состава возрос интерес к проблеме увеличения жизненного цикла колесной пары и продления ее ресурса в эксплуатации.

Увеличение жизненного цикла колесной пары позволяет существенно снизить суммарные производственные расходы на содержание вагонного парка. Анализ научно-технических публикаций по данной проблематике позволяет предположить, что у авторов нет единого понимания и толкования термина «жизненный цикл колесной пары».

Согласно [3], жизненный цикл (железнодорожного подвижного состава) — это совокупность взаимосвязанных, последовательно осуществляемых процессов установления требований к потребительским свойствам и техническим параметрам железнодорожного подвижного состава, а также процессов его создания, применения и утилизации. Жизненный цикл изделия (жизненный цикл продукции) — совокупность явлений и процессов, повторяющаяся с периодичностью, определяемой временем существования типовой конструкции изделия от ее замысла до утилизации или конкретного экземпляра изделия от момента завершения его производства до утилизации. Применительно к колесной паре речь может идти лишь о двух этапах жизненного цикла изделия — «техническая поддержка и обслуживание» и «эксплуатация по назначению». Началом этих этапов применительно к колесной паре можно считать дату выпуска вагона на вагоностроительном заводе, а окончанием — дату изъятия ее из эксплуатации по предельному износу и недопустимости ее использования. Изъятие может производиться для проведения капитального ремонта (восстановление ресурса колесных пар с заменой или восстановлением их базовых частей, переформирование) или для списания [4]. Капитальный ремонт предполагает, что сформирована другая колесная пара с использованием новых или восстановленных (старогодных) элементов, для которой начинается новый жизненный цикл (срок эксплуатации).

Таким образом, точнее будет говорить не о жизненном цикле, а о сроке службы колесной пары в эксплуатации или о ее ресурсе, который может характеризоваться пробегом в километрах или календарным сроком использования. Ресурс колесной пары может рассчитываться с момента ее постановки под новый вагон до первой обточки поверхности катания, до первого среднего ремонта и до последующих средних ремонтов (поступление вагонов в деповской ремонт). Окончанием жизненного цикла каждой колесной пары можно считать момент ее изъятия в капитальный ремонт или для списания.

Колесная пара состоит из двух элементов: оси и двух цельнокатаных колес, поэтому жизненный цикл колесной пары зависит от жизненного цикла этих элементов [5–7].

В соответствии с действующей нормативной документацией, гарантийный срок эксплуатации чистовой оси для железнодорожного подвижного состава составляет 8,5 года со дня формирования колесной пары, но пригодные оси могут использоваться для формирования

колесных пар многократно, без ограничений по сроку их службы и жизненному циклу.

Ресурс колеса определяется пробегом до предельно допустимого износа обода колеса. По статистике срок службы цельнокатаного колеса до его полного износа составляет около 6–7 лет [8]. В ряде публикаций приводятся технически сложные и затратные пути увеличения ресурса колес и продления жизненного цикла колесной пары до 15–20 лет, требующие более четких обоснований и продолжительной научной проработки [9, 10].

Причины интенсивного износа поверхности катания колеса исследуются научным сообществом, производителями и собственниками грузовых вагонов достаточно давно по следующим основным направлениям:

- оптимизация взаимодействия элементов в системе «колесо — рельс»;
- материал изготовления цельнокатаных колес, повышение твердости на поверхности катания колес и рельсов;
- конструкция тележки грузового вагона, технология изготовления и сборки тележки при изготовлении вагонов;
- конструкция колесной пары (размер между внутренними гранями колес, конструкция диска цельнокатаного колеса и профиль поверхности катания);
- конструкция буксовых узлов, преимущества использования подшипников кассетного типа;
- повышенный износ колес из-за нарушений технологии ремонта [12, 13].

Приведем лишь некоторые предложения по уменьшению износа гребня колеса, основанные на результатах исследований и мониторинга ситуации.

Экспериментальные исследования по оценке интенсивности изнашивания металлов колеса и рельса, проведенные более 10 лет назад, показали, что повышение твердости металла обода колеса на поверхности катания и гребня с 280 НВ до 360–380 НВ повысит его износостойкость примерно на 75–80 %. Ресурс возрастает примерно на 75 % и более, так как помимо повышения износостойкости снижается повреждаемость колес выщербинами, ползунами и наварами [12–14]. Специалистами ОАО «ВНИИЖТ» и ОАО «ЕВРАЗ НТМК» была разработана бандажная сталь повышенной твердости марки 4 для бандажей локомотивных колес. Это новая сталь с повышенным содержанием углерода, легированная хромом, и с уровнем твердости 320–360 НВ на глубине 20 мм от поверхности катания бандажа. Но пока не удалось найти информацию о серийном выпуске цельнокатаных колес для грузовых вагонов из бандажной стали повышенной твердости марки 4, следовательно, не получено практического подтверждения данных об увеличении ресурса колеса на 75 %. Массовый выпуск вагонных колес из бандажной стали может быть отсрочен из-за отсутствия нормативной базы для их сертификации

и некоторых факторов, сдерживающих процесс освоения и постановки на производство продукции с улучшенными потребительскими свойствами.

ГОСТ 10791–2011 [6] предполагает изготовление цельнокатаных колес из стали марки «Т» с твердостью 280–320 НВ. Инновационные железнодорожные колеса низконапряженной конструкции из стали марки «Т» с увеличенной глубиной закалки отличаются высокой износостойкостью и гарантируют полноценную работу колесной пары за межремонтный пробег.

С экономической точки зрения применение таких колес за счет большего ресурса намного выгоднее для заказчика по сравнению со стандартными, плоскоконической конструкции из стали марки 2. Сопоставление динамики износа типовых колесных пар с осевой нагрузкой 23,5 тс и инновационных 25-тонных, проведенное специалистами ПАО «НПК ОВК», показало, что ресурс колеса на вагонах этого производителя втрое выше обычных колес. К тому же у тихвинских вагонов износ колес наступает примерно в одно время с потребностью ремонта кассетного подшипника — через 8 лет эксплуатации [12, 13, 15]. Такое оптимальное совпадение ресурсов элементов, комплектующихся на одной колесной паре, дополнительно улучшает экономику жизненного цикла колеса и вагона в целом. Но ряд исследований указывают, что колеса из стали марки «Т», с повышенной твердостью в начале их эксплуатации, с каждой ремонтной обточкой поверхности обода уменьшают эксплуатационную стойкость, восстановление которой требует применения дорогостоящих технологий для термического упрочнения [9, 10]. И эти исследования ставят под сомнение выводы о 8-летнем сроке службы колес тихвинского производства.

В настоящее время колесами повышенной твердости из стали марки «Т» оснащено не более 100 тысяч вагонов. Но для перевода всего парка грузовых вагонов на колеса данного типа потребуется перевооружение металлургической отрасли. Увеличение твердости колес может привести к преждевременному износу рельсов, что потребует модернизации железнодорожной инфраструктуры.

ПАО «НПК ОВК» проводятся работы по дальнейшему увеличению ресурса колесных пар (пробега до обточки) за счет совершенствования конструкции и профиля катания колеса (конформный профиль), технологии изготовления и сборки тележки. Действенным способом является использование тормозных колодок с чугунной вставкой. Применение таких колодок позволяет устранять дефекты на поверхности катания колеса в момент их зарождения, тем самым блокируя их дальнейшее развитие до браковочных параметров.

Ссылаясь на опыт эксплуатации Североамериканских железных дорог и результаты исследований, проведенных в ПАО «НПК ОВК», ряд авторов предлагают внести изменения в нормативную документацию по формированию новых колесных пар [13, 15]. Минимально до-

пустимое расстояние между внутренними гранями колес при формировании новой колесной пары составляет 1439 мм. При этом в эксплуатации допускается 1437 мм [11]. Формирование колесной пары с расстоянием между внутренними гранями колес с минимально допустимым расстоянием 1437 мм позволит увеличить ресурс колесной пары до первой обточки примерно на 30 тыс. км пробега.

В настоящее время совместно с ПГУПС ведется научно-исследовательская работа по разработке улучшенного профиля поверхности катания колеса грузового вагона, что позволит снизить темп износа поверхности катания и, в частности, гребня колеса.

В вагоноремонтном производстве также есть резервы для решения описанной проблемы: дооснащение ремонтных участков современным оборудованием для текущего, среднего и капитального ремонта колесных пар, изменение ремонтных нормативов, введение новых видов диагностирования технического состояния и обслуживания вагона, внедрение практики репрофилирования колес без выкатки из-под вагона в период между деповскими ремонтами.

Большие надежды возлагаются на перевод всего вагонного парка на колесные пары с подшипниками кассетного типа. Сейчас более 90 % грузовых вагонов используют роликовые подшипники. В 2019 г. Минтранс и РЖД выступили за обязательный переход на другой тип — кассетные подшипники. Но на ближайшие годы эти предложения не были поддержаны на правительственном уровне из-за высоких затрат в 300 млрд рублей и рисков дефицита и повышения стоимости вагонов. Пока нет достаточных научно-практических исследований, подтверждающих заявленный срок службы подшипников с коническими роликами. В опубликованных работах не установлено существенного влияния типа подшипников на сопротивление движению колесной пары [16]. Для буксового узла с кассетным подшипником установлен повышенный порог нагрева в эксплуатации. Тип подшипника в меньшей степени, нежели конструкция тележки, влияет на продолжительность срока службы колесной пары, интенсивность износа гребня и обода колеса, количество отцепок в текущий отцепочный ремонт (ТОР).

В настоящее время необходимы локализация производства кассетных подшипников для грузового подвижного состава в России и создание на сети железных дорог сервисных центров по их обслуживанию [15]. Признавая перспективность подшипников кассетного типа, операторские компании предусматривают в своих инвестиционных программах модернизацию вагонов. К примеру, АО «Федеральная грузовая компания» — дочернее общество ОАО «РЖД» — может стать первым оператором, который массово начнет переводить свои вагоны на кассетные подшипники. На эти цели в 2021–2022 гг. компания планирует затратить более 4 млрд рублей.

Неотъемлемой частью инновационного вагоностроения и вагоноремонтного производства являются проекты цифровой трансформации на железнодорожном транспорте. НП «ОПЖТ» совместно с Ространснадзором и ОАО «РЖД» внедряет систему электронного документооборота, включающую в себя единую национальную базу данных «Критически значимые составные части подвижного состава» и автоматизированную систему «Электронный инспектор». Использование этого программного продукта позволит всем участникам перевозочного процесса перейти на безбумажный обмен информацией, касающейся изготовления продукции, а также ограничить оборот контрафактной и фальсифицированной продукции на сети железных дорог [18].

Цифровизация ремонтного производства предполагает внедрение новых IT-сервисов. Вагоноремонтная компания «ОМК Стальной путь» запустила первый в России IT-сервис по ремонту запасных частей, в том числе колесных пар, и отслеживанию его статуса в режиме онлайн. Сервис позволяет клиентам компании самостоятельно выбирать депо ремонта колесных пар, находящихся на любой станции в радиусе до 500 км от депо компании, отслеживать актуальные статусы по заказу и воздействовать на процесс ремонта. На основе заявки пользователя система автоматически рассчитывает ближайшее для ремонта депо при перевозке автотранспортом и стоимость ремонтных работ.

Другим примером может служить онлайн-сервис ООО «Гарант Рейл Сервис» — единая платформа ремонта вагонов «Вагонмастер», которая позволяет организовать ремонт подвижного состава через интернет в любое удобное время из любой точки мира. Данный IT-сервис может стать инструментом для привлечения клиентов в автоматическом режиме и сокращения трудозатрат.

Во всех вагоноремонтных предприятиях холдинга «Новотранс» внедряется система оптической идентификации колесных пар по изображению торца оси с клеймами и знаками маркировки с продолжительностью операции не более чем за две секунды. По новой технологии оптическая идентификация производится не только по текстовому представлению номера на детали, но и по косвенным признакам, т.е. по «отпечатку» (набор особенностей взаимного расположения элементов идентифицирующей информации, выбитых на поверхности правого торца оси КП). Это позволяет идентифицировать детали с плохо читаемыми номерами, различать между собой детали с одинаковой маркировкой (дубликаты). Мастеру ВРП достаточно сфотографировать торец оси КП с помощью мобильного терминала. Терминал передает изображение на сервер обработки системы (учетная информационная система), которая идентифицирует деталь по «отпечатку» с использованием нейронных сетей глубокого обучения. После оптической идентификации КП на ВРП к ней «привязыва-

ется» RFID-метка, с помощью которой можно получить «паспорт» узла и другую информацию при выполнении операции и перемещении детали внутри предприятия. Ведутся работы по интеграции учетной информационной системы и индексной базы «отпечатков», созданной в ООО «Новотранс Актив», с разрабатываемой в ОАО «РЖД» информационной системой контроля жизненного цикла грузовых вагонов на блокчейн-платформе «Распределенный реестр данных».

По мнению специалистов, технология блокчейн является вторым после интернета самым важным изобретением в области информационных технологий.

Представляются интересными для широкого обсуждения предложения консалтинговой компании «ФИНЭКС Качество» по практическому применению технологии блокчейн для управления жизненным циклом колесных пар [17].

ОАО «РЖД» уже приступило к реализации проектов, связанных с этим направлением. Один из них, пилотный, заключается в создании доверенной среды вагонного комплекса. В рамках одной блокчейн-платформы объединили РЖД, собственников вагонного парка и вагоноремонтные предприятия. За счет этого радикально сокращается цикл поиска возможности проведения ремонта, повышается прозрачность информации, снижается возможность недобросовестных действий, например, контрафакта [17].

В основе действующих ныне информационных технологий лежит централизованная (серверная) архитектура информационных систем, построенных на обязательной связи каждого участника транзакций с центральным узлом системы, на котором осуществляется обработка, хранение и актуализация данных о транзакциях. В предлагаемых к внедрению технологиях блокчейн компьютеры объединены в сеть связями по типу «пользователь — пользователь». Каждый компьютер, являющийся частью сети блокчейн, обращается за информацией или за ее подтверждением напрямую к компьютеру другого пользователя сети, а не через централизованный центр. В настоящее время на площадке НП «ОПЖТ» при участии ПКБ ЦВ ОАО «РЖД» ведется разработка Единой автоматизированной базы данных колесных пар, обеспечивающей идентификацию составляющих основных элементов и самой колесной пары с использованием пассивных радиочастотных меток с данными (RFID-метки), защищенными по технологии блокчейн. Благодаря технологии блокчейн каждая транзакция (операция с колесной парой) будет связана с журналом транзакций, реестром состояний и техническим паспортом, хранимым и актуализируемым в СУБД.

При всей заманчивости и перспективности предложений и проектов внедрения технологии блокчейн они не стали пока предметом широкого обсуждения и изучения в научных и производственных кругах сферы вагоностроения и вагоноремонтного производства.

Для корректного и безопасного использования технологии блокчейн все участники процесса должны иметь доступ к специализированному программному и аппаратному обеспечению, а также обладать достаточными знаниями не только в сфере информационных технологий. Ввиду значительного числа участников процесса это создает потенциальные трудности в работе систем, основанных на технологии блокчейн. Кроме того, из-за сложностей, связанных с внедрением системы блокчейн, многие участники цепочек поставок

не понимают и не признают необходимости включения в этот процесс, а участники вагоноремонтной отрасли, заинтересованные во внедрении этой технологии в их бизнес-процессы, зачастую не знают, с чего следует начать.

Несмотря на активные поиски путей продления жизненного цикла колесных пар и их элементов, в реальной практике осталось много проблем, в решении которых должно активнее участвовать вузовское научное сообщество. **ИТ**

Список литературы

1. Чернышевская Ю. Затраты на содержание и ремонт вагонного парка: основные риски повышения цен в 2022 году // Информационное агентство «РЖД-Партнер». URL: <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/comments/zatraty-na-soderzhanie-i-remont-vagonnogo-parka-osnovnye-riski-povysheniya-tsen-v-2022-godu/> (дата обращения: 12.12.2021).
2. Казаков А. А. Анализ отцепок грузовых вагонов на сети железных дорог по итогам работы вагонного хозяйства за 6 месяцев 2021 года // Моя колея 1520. URL: <http://xn--1520-u4d3ahgsb9pe.xn--p1ai/new/7247/> (дата обращения: 22.04.2022).
3. ГОСТ 31539–2012. Цикл жизненный железнодорожного подвижного состава. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2014. 8 с.
4. ГОСТ 32884–2014. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт железнодорожного подвижного состава. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2019. 10 с.
5. ГОСТ 33200–2014. Оси колесных пар железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия. М. : Стандартинформ, 2015. 41 с.
6. ГОСТ 10791–2011. Колеса цельнокатаные. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2011. 128 с.
7. ГОСТ 398–2010. Бандажи черновые для железнодорожного подвижного состава. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2011. 11 с.
8. Иванов И. А., Кушнер В. С., Воробьев А. А., Шадрин Н. Ю. Особенности функционирования колесных пар с повышенной твердостью металла обода // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2005. № 4. С. 64–71. ISSN 2310–9351.
9. Галиев И. И., Гателюк О. В., Лукс Д. Ю. Внедрение колес повышенной твердости — один из инновационных путей повышения эффективности грузовых вагонов в эксплуатации // Известия Транссиба. 2014. № 2(18). С. 100–106. ISSN 2220–4245.
10. Ильичев М. В. Актуальные вопросы повышения эксплуатационной стойкости железнодорожных колес / М. В. Ильичев, М. Е. Гетманова, А. С. Тютяев [и др.] // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2018. Т. 15. № 1. С. 42–46. ISSN 1815–588X.
11. Руководящий документ по ремонту и техническому обслуживанию колесных пар с буксовыми уз-

References

1. Chernyshevskaya Yu. The costs of maintaining and repairing the car fleet: the main risks of price increases in 2022 // Russian Railways-Partner News Agency. URL: <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/comments/zatraty-na-soderzhanie-i-remont-vagonnogo-parka-osnovnye-riski-povysheniya-tsen-v-2022-godu/> (accessed on: 12.12.2021).
2. Kazakov A. A. Analysis of uncoupling of freight cars on the railway network based on the results of the work of the rolling-stock sector for 6 months of 2021 // My track 1520. URL: <http://xn--1520-u4d3ahgsb9pe.xn--p1ai/new/7247/> (accessed on: 04/22/2022).
3. GOST 31539-2012. The life cycle of railway rolling stock. Terms and definitions. Moscow : Standartinform, 2014. 8 p.
4. GOST 32884-2014. Operation, maintenance and repair of railway rolling stock. Terms and definitions. Moscow : Standartinform, 2019. 10 p.
5. GOST 33200-2014. Axles of wheel sets of railway rolling stock. General technical conditions. Moscow : Standartinform, 2015. 41 p.
6. GOST 10791-2011. Solid-rolled wheels. Technical specifications. Moscow : Standartinform, 2011. 128 p.
7. GOST 398-2010. Rough bandages for railway rolling stock. Technical specifications. Moscow : Standartinform, 2011. 11 p.
8. Ivanov I. A., Kushner V. S., Vorobyev A. A., Shadrina N. Yu. Features of functioning of wheel pairs with increased hardness of rim metal // New materials and technologies in mechanical engineering. 2005. No. 4. Pp. 64–71. ISSN 2310-9351.
9. Galiev I. I., Gatelyuk O. V., Luks D. Yu. Introduction of wheels of increased hardness is one of the innovative ways to increase the efficiency of freight cars in operation // Izvestiya Transsib. 2014. No. 2(18). Pp. 100–106. ISSN 2220-4245.
10. Ilyichev M. V. Topical issues of improving the operational durability of railway wheels / M. V. Ilyichev, M. E. Getmanova, A. S. Tyuftayev [et al.] // Bulletin of Saint-Petersburg State Transport University. 2018. Vol. 15. No. 1. Pp. 42–46. ISSN 1815-588X.
11. Guidance document on repair and maintenance of wheel sets with axle boxes of freight cars of 1520 (1524) mm gauge mainline railways // Portal garant.ru. URL:

- лами грузовых вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524) мм // Портал ГАРАНТ.РУ. URL: <https://base.garant.ru/71796244/280bd23bc2bd327ef4936de0e61c3416/> (дата обращения: 22.04.2022).
12. Лосев Д. Н. Ресурс колесных пар вагонов повышенной и обычной грузоподъемности // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. 2018. № 1 (41). С. 52–56. ISSN 1998–9318.
 13. Калетин С. В. Изменение геометрических размеров колесных пар грузовых вагонов в части снижения критериев браковки по толщине гребня // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. 2018. № 1 (41). С. 57–61. ISSN 1998–9318.
 14. Смольянинов А. В., Кармацкий В. Ф., Соломенников А. А. Анализ текущего состояния, проблемы и перспективы вагоноремонтного производства в Уральском федеральном округе // Инновационный транспорт. 2020. № 4. С. 37–43. ISSN 2311–164X.
 15. Гапанович В. А., Калетин С. В. Перспективы развития инновационного вагоностроения // Железнодорожный транспорт. 2020. № 7. С. 58–62. ISSN 0044–4448.
 16. Результаты стендовых испытаний касетных подшипников и адаптеров для оценки экономической эффективности их внедрения на грузовых вагонах на тележках по ГОСТ 9246–2013 тип 2 в сравнении с грузовыми вагонами на тележках по ГОСТ 9246–2013 тип 2, оборудованных буксовыми подшипниками роликового типа // Официальный сайт АО «ВНИКТИ». URL: <http://www.vniki-kolomna.ru/development/> (дата обращения: 16.02.2022).
 17. Воробьев А. А., Парамонов М. П. Практическое применение технологии блокчейн для управления жизненным циклом колесных пар // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. 2018. № 1 (41). С. 20–30. ISSN 1998–9318.
 18. РЖД и Maersk начали совместно развивать блокчейн-проекты. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:Российские_железные_дороги_\(РЖД\)_Проекты_на_базе_блокчейн-технологии](https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:Российские_железные_дороги_(РЖД)_Проекты_на_базе_блокчейн-технологии).
 19. <https://base.garant.ru/71796244/280bd23bc2bd327ef4936de0e61c3416/> (accessed on: 04/22/2022).
 20. Losev D. N. The resource of wheel pairs of wagons of increased and conventional load capacity // Bulletin of the Institute of Problems of Natural Monopolies: Railway Engineering. 2018. No. 1 (41). Pp. 52–56. ISSN 1998-9318.
 21. Kaletin S. V. Changing the geometric dimensions of freight car wheel sets in terms of reducing the rejection criteria for ridge thickness // Bulletin of the Institute of Problems of Natural Monopolies: Railway Engineering. 2018. No. 1 (41). Pp. 57–61. ISSN 1998-9318.
 22. Smolyaninov A.V., Karmatsky V. F., Solomennikov A. A. Analysis of the current state, problems and prospects of car repair production in the Ural Federal District // Innotrans. 2020. No. 4. Pp. 37–43. ISSN 2311-164X.
 23. Gapanovich V. A., Kaletin S. V. Prospects for the development of innovative car building // Railway transport. 2020. No. 7. Pp. 58–62. ISSN 0044-4448.
 24. The results of bench tests of cassette bearings and adapters to assess the economic efficiency of their implementation on freight cars on trolleys according to GOST 9246-2013 type 2 in comparison with freight cars on trolleys according to GOST 9246-2013 type 2, equipped with roller type box bearings // The official website of JSC «VNIKTI». URL: <http://www.vniki-kolomna.ru/development/> (accessed on: 02/16/2022).
 25. Vorobyev A. A., Paramonov M. P. Practical application of blockchain technology for managing the life cycle of wheelsets // Bulletin of the Institute of Problems of Natural Monopolies: Railway Engineering. 2018. No. 1 (41). Pp. 20–30. ISSN 1998-9318.
 26. Russian Railways and Maersk have started to jointly develop blockchain projects. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:Российские_железные_дороги_\(РЖД\)_Проекты_на_базе_блокчейн-технологии](https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:Российские_железные_дороги_(РЖД)_Проекты_на_базе_блокчейн-технологии).



**Маруфджан
Халикович
Расулов**
Marufdjan X.
Rasulov



**Маъсуд
Нуъмонжонович
Машарипов**
Masud N.
Masharipov



**Рамазон
Шамил угли
Бозоров**
Ramazon S.
Bozorov

Исследование взаимного аэродинамического влияния высокоскоростных пассажирских и грузовых поездов, следующих по смежным путям

Investigation of mutual aerodynamic influence of high-speed passenger and freight trains moving on adjacent tracks

(Статья публикуется в авторской редакции)

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы влияния высокоскоростного пассажирского движения на участках АО «Узбекистон темир йўллари» на сьем грузовых поездов с графика движения, исследуется взаимное аэродинамическое влияние движущихся на смежных путях поездов. Для повышения туристической привлекательности республики и оказания населению качественных транспортных услуг планируется существенно увеличить объемы перевозок пассажиров высокоскоростными электропоездами Afrosiyob. В условиях прогнозируемого увеличения размеров грузового движения это может привести к затруднениям в пропуске поездов по участкам. Для эффективного использования пропускной способности участков с соблюдением условий обеспечения безопасности движения поездов рассматривается возможность одновременного пропуска по второму главному пути грузовых поездов попутного или встречного направления при движении по участку высокоскоростного электропоезда Afrosiyob.

Ключевые слова: высокоскоростные пассажирские поезда, пропускная способность, электропоезд Afrosiyob, аэродинамическая сила.

Abstract

The article considers the issues of impact of high-speed passenger traffic on the sections of JSC "Uzbekiston Temir Yillari" on removal of freight trains from the traffic schedule, the mutual aerodynamic influence of trains moving on adjacent tracks is investigated. In order to increase the tourist attractiveness of the republic and provide high-quality transport services to the population, it is planned to significantly increase the volume of passenger transportation by high-speed electric trains Afrosiyob. In the conditions of the projected increase in the size of freight traffic, this may lead to difficulties in passing trains through sections. In order to effectively use the capacity of the sections, in compliance with the conditions for ensuring the safety of train traffic, the possibility of simultaneous passage of freight trains of a passing or oncoming direction along the second main track when moving along the section of the Afrosiyob high-speed electric train is being considered.

Keywords: high-speed passenger trains, capacity, Afrosiyob electric train, aerodynamic force.

Авторы Authors

Маруфджан Халикович Расулов, канд. техн. наук, профессор, Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан, г. Ташкент | **Маъсуд Нуъмонжонович Машарипов**, канд. техн. наук, доцент, Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан, г. Ташкент | **Рамазон Шамил угли Бозоров**, докторант, Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан, г. Ташкент

Marufdjan X. Rasulov, Candidate of Technical Sciences, Professor, Tashkent State Transport University, Republic of Uzbekistan, Tashkent | **Masud N. Masharipov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Tashkent State Transport University, Republic of Uzbekistan, Tashkent | **Ramazon S. Bozorov**, doctoral student, Tashkent State Transport University, Republic of Uzbekistan, Tashkent

Introduction

The need for comprehensive development of the transport system, the provision of quality and safe transport services to passengers, the improvement of transport infrastructure, modern electric trains with all the conveniences of the rolling stock is growing day by day. At present, one of the priorities of JSC «UTY» is the timely delivery of passengers to their destinations, the increase in the number of high-speed passenger trains «Afrosiyob» to six, in turn, will have a negative impact on the organization of freight trains.

It's hard to imagine the meaning of our lives today without high-speed motion content. In addition, in order to conveniently transport the guests of the Republic to their destinations, who came to get acquainted with the remarkable historical monuments of the Republic, the train «Afrosiyob» plans to run on the route Bukhara-Miskin to Khiva. Exports of all transport services in the Republic of Uzbekistan in 2020 will amount to 14327.9 billion soums, which is 1342.5

billion soums or 8.6 % less than in 2019 [20, 21]. The decline in this figure is due to the worldwide restrictions imposed by the spread of the COVID-19 pandemic. Restrictions have led not only to reduced freight rates, but also to a significant reduction in passenger traffic. In 2019–2020, we can see the services provided by rail transport through the indicators in table 1, 2 and table 3.

The analysis of the performance of railway transport in the country, as well as the easing of restrictions on pandemics worldwide, indicates that in the near future there will be a further increase in demand for freight and passenger transport. This situation makes it necessary to transport more freight and passenger trains from the railway sections. Therefore, the effective use of the capacity of railway sections and trains is one of the most pressing issues.

The increase in the number of high-speed passenger trains «Afrosiyob» from 2 to 6 will reduce the capacity of freight trains on the section by 62.8–93.2 %. This leads to inefficiency of freight trains and an increase in many technical and economic costs [14, 16, 20, 23].

Table 1

Passenger transportation services by rail

Export, Billion sum			Import, Billion sum		
Billion sum 2019 y.	Billion sum 2020 y.	Specific gravity, %	Billion sum 2019 y.	Billion sum 2020 y.	Specific gravity, %
25,3	5,4	0	1,1	1,9	0

Table 2

Freight services by rail

Export, Billion sum			Import, Billion sum		
Billion sum 2019 y.	Billion sum 2020 y.	Specific gravity, %	Billion sum 2019 y.	Billion sum 2020 y.	Specific gravity, %
4446,2	5752,1	28,5	683,3	207,5	1,7

Table 3

Other services in railway transport

Export, Billion sum			Import, Billion sum		
Billion sum 2019 y.	Billion sum 2020 y.	Specific gravity, %	Billion sum 2019 y.	Billion sum 2020 y.	Specific gravity, %
52,7	61,8	0,3	53,2	36,4	0,3

Methods

Half a century of theoretical and practical research on the application of high-speed passenger trains shows that the increase in the speed of high-speed trains leads to a rapid change in the nature of aerodynamic air flow around them, which adversely affects the environment, the operation of railway equipment. The study of the nature of the air flow generated around high-speed trains is a topical issue in traffic safety. In Japan, France, Spain, and other high-speed passenger trains, the variation parameters of the air flow generated at the front of the train have been studied in non-stationary aerodynamics. Such research is being carried out at the VNIIT OJSC on the Sapsan electric train on the Russian-Moscow railway and on the Moscow-St. Petersburg route [1, 14, 15]. These studies are the result of experimental studies of aerodynamic forces and safe distances affecting the occupants of the platform and the rolling stock on the adjacent road. Accordingly, we can see in 1-diagram the safe distance of passengers from the road axis.

It is known that in countries where high-speed trains run, the tracks are used in a specialized way. Currently, the combined or joint use of roads in JSC «Uzbekistan Railways» causes a number of difficulties in the passage of freight trains from sections.

In addition, in order to ensure the safety of trains at JSC «Uzbekistan Railways» during the transfer of high-speed electric train «Afrosiyob» the movement of freight trains from the neighboring track is prohibited [22].

This situation leads to inefficient use of train capacity by sections. To overcome this situation, it is necessary to study the possibility of regulating the movement of freight

trains from the adjacent track during the operation of high-speed electric train «Afrosiyob».

As a result of the movement of high-speed electric train «Afrosiyob» aerodynamic forces affect trains moving on the adjacent track [1, 6, 7].

Results

Considering the above problems, a high-speed passenger train requires a theoretical justification of the forces of aerodynamic impact on a moving freight train moving on an adjacent track. To do this, we will consider the options of interaction of freight and passenger trains in the following cases:

- aerodynamic effect of a high-speed passenger train on a freight train (Figure 1);
- aerodynamic effect of a high-speed passenger train on a single rolling stock (locomotives, self-propelled vehicles, etc.) (Figure 2);
- aerodynamic impact of high-speed passenger trains on long-distance and local and suburban passenger trains.

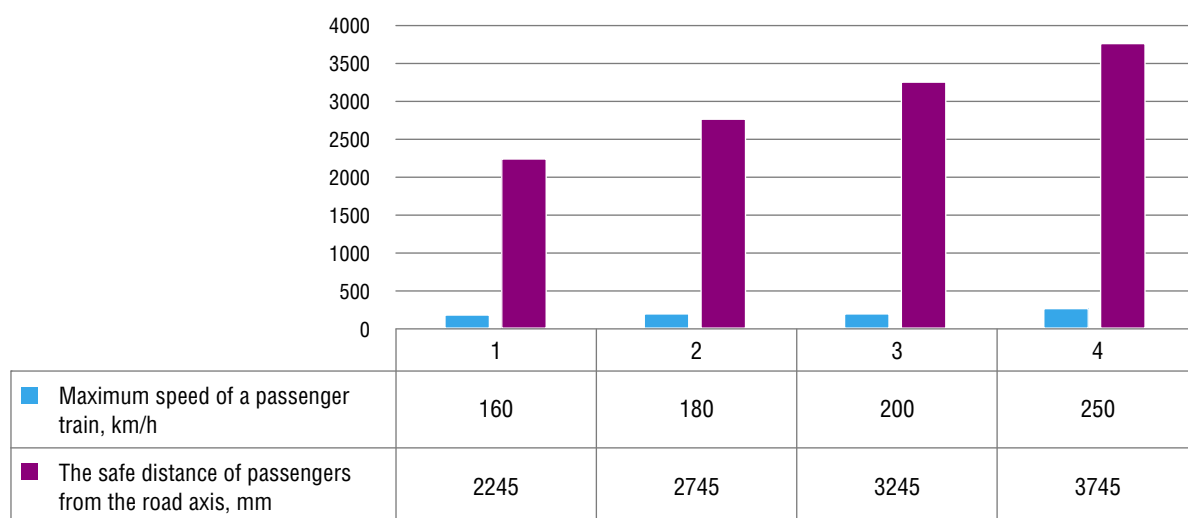
In order to study the above, it is necessary to take into account the routes of trains.

In the case under consideration, the direction of movement of high-speed passenger trains and freight trains is considered in two cases, ie, the speeds are opposite and in the same direction (Figure 3).

The calculation diagrams are shown below.

The movement of two trains moving in opposite directions (in one direction) results in a complex turbulent air flow, which negatively affects the stability of the wagon.

The safe distance of passengers from the road axis



1-diagram. The safe distance of passengers from the road axis:

■ — maximum speed of a passenger train, km/h; ■ — the safe distance of passengers from the road axis, mm

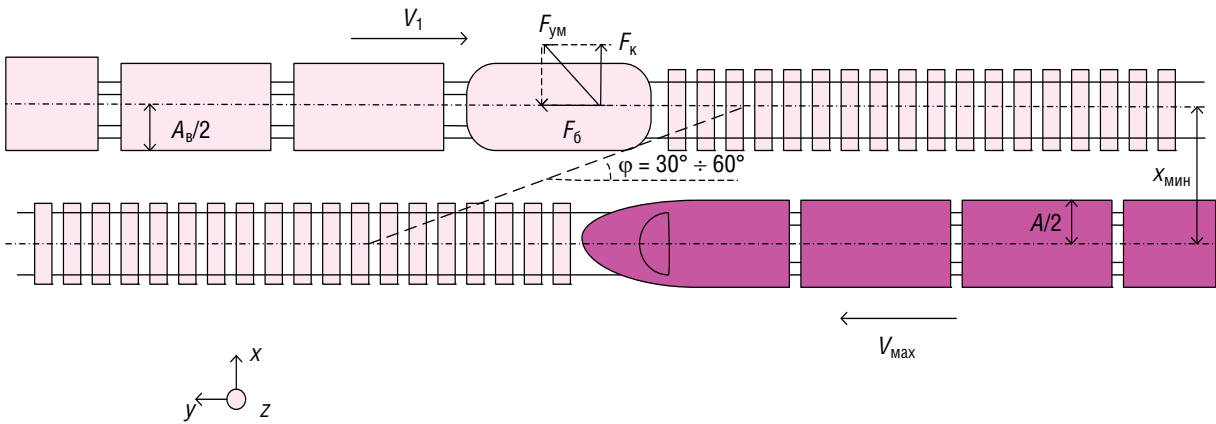


Figure 1. The aerodynamic effect of a high-speed passenger train on a full-load train

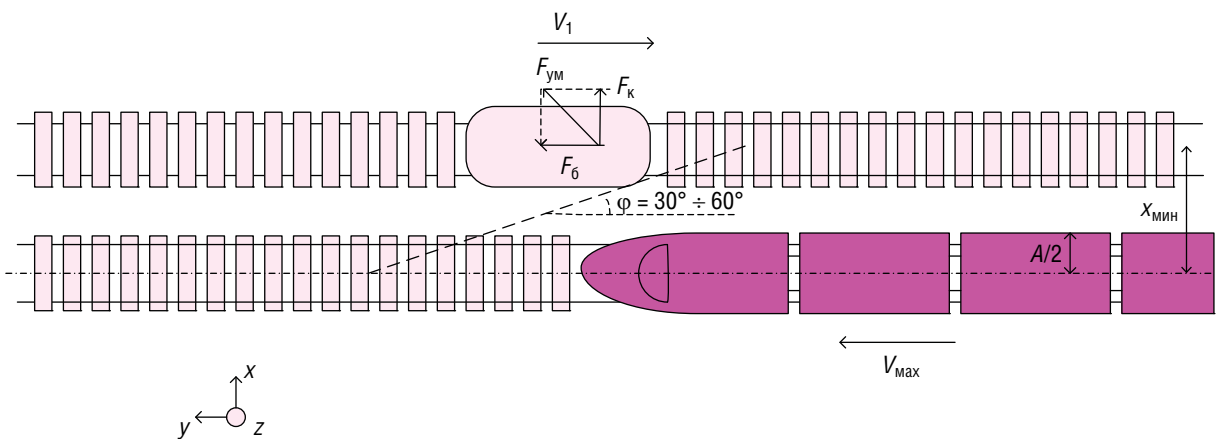


Figure 2. Aerodynamic effect of a high-speed passenger train on a single rolling stock (locomotives, self-propelled vehicles, etc.)

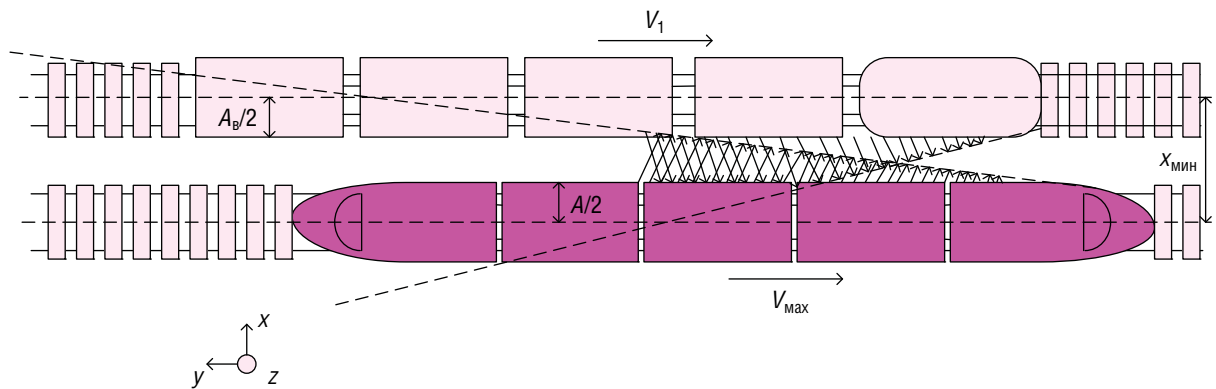


Figure 3. The aerodynamic effect of high-speed passenger and freight trains moving in the same direction

There are two components of the wind velocity vector in the lateral direction: perpendicular and opposite to the direction of motion, or longitudinal velocities. When counter and longitudinal velocities serve to increase or decrease the speed of the moving structure, the perpendicular forming directly affects the stability of the wagon. It is therefore advisable to study the perpendicular component to see how much it affects the stability of the wagon and to examine its effect on traffic safety [10–13].

In the calculations, we consider the aerodynamic effect of a high-speed train «Afrosiyob» or Talgo-250 on a freight train consisting of fully universal closed freight cars. The availability of unloaded empty wagons with a high level of traffic safety makes the study reliable. The technical specification of the high-speed train is as follows: 11 passenger cars and two locomotives, the maximum speed of the train $v_{\max} = 250$ km/h, $a_{\max} = 1,2$ m/h², $L_{\max} = 183$ m, $L_{\text{лок}} = 20$ m, $A = 2,96$ m, $H = 4$ m, $Q_{\text{ум}} = 306$ tons. Technical indicators of universal

closed wagons we assume that mga is equal to $L_b = 15,724$ m, $A_b = 2,764$ m, $H_b = 3,05$ m [17, 18, 19].

The aerodynamics of the air around a train moving at high speed is in the form of positive compression (P+) before the start of the train head and then negative pressure pulses (P-) [4, 10]. In the last part of the train, the process is reversed. The pressure pulses generated between trains moving in opposite or one direction depend on the distance between the track axes. The pressure is inversely related to the square of the distance, i.e. the aerodynamic pressure decreases as the distance between the axes of the road increases.

$$P \sim \frac{1}{x^2}. \quad (1)$$

The geometric structure of high-speed trains is designed to overcome aerodynamic resistances more easily than freight trains. Therefore, these trains are affected by pressure coefficients that are 2–3 times less than freight trains. When two trains are in motion, we assume that the train with the highest speed is passing and the train with the lowest speed is tracking. Different scholars have different interpretations of the effect of observer train movement on a passing train. The results of computational and experimental studies conducted by Chinese scientists show that when two trains are moving at the same speed, 15–27 % more pressure pulses are affected than when one train is moving.

In the experimental results of German and French scientists, we can see that this figure has reached 35–45 %. In addition, several experiments show that when the track spacing is 5 meters, the maximum pressure changes occur at a height of about 0.5 to 1.5 meters above the level of the rail head. This figure is about 30–40 % lower when measured at a height of 3 meters [4, 5, 8, 9, 13]. This means that the pressure pulses decrease as the vertical rises. There is no standard universally agreed formula for calculating aerodynamic forces and pressures between trains moving in opposite directions. However, the formulas (2) given in section 4 of the Galliard and European standard EN-14067 have been applied to stationary compositions, which can also be applied to moving compositions [2, 3, 4, 10].

Discussion

$$P_{\text{аэп}} = k_u f_v k_d k_{\text{ап}} k_t \left[\frac{S}{\left(x - \frac{A}{2}\right)^2} + c \right] \times \rho \frac{\vartheta^2}{2}, \quad (2)$$

where is k_u — unit conversion factor; k_d — correction factor for train tracking speed; $k_{\text{ап}}$ — pressure coefficient; k_t — the coefficient of impact depending on the geometric structure of the train; S — the surface area being studied, m^2 ; x — the distance between adjacent road axes, m; A — the width

of the object being studied, m; ρ — air density, kg/m^3 ; ϑ — wind flow velocity resulting from train movement, m/s.

$$f_v = \frac{1}{\sqrt{1-M^2}}. \quad (3)$$

Since in our case $\vartheta_{\text{max}} = 250$ km/h it is equal to km/h, the max number will be $M < 0.3$ and will be in the stationary state. Therefore it is taken to be equal to $f_v \approx 1$. The correction coefficient for the speed of the train $1 \leq k_d \leq 1,25$. Coefficient of impact depending on the geometric structure of the train equals to k_t . Then formula (2) can be changed as follows:

$$P_{\text{аэп}} = k_t \frac{S}{\left(x - \frac{A}{2}\right)^2} \times \rho \frac{\vartheta^2}{2}. \quad (4)$$

The aerodynamic pressure pulse acting on a freight train $P_{\text{аэп}}$ that is $P_{\text{мьёп}}$ it should not be higher than the specified pressure:

$$P_{\text{аэп}} \leq P_{\text{мьёп}} \quad (5)$$

Substituting formula (4) into expression (5), we obtain the following inequality:

$$P_{\text{аэп}} = k_t \frac{S}{\left(x - \frac{A}{2}\right)^2} \times \rho \frac{\vartheta^2}{2} \leq P_{\text{мьёп}}. \quad (6)$$

Solve Equation (6) and determine the minimum value of the distance between the axes of the road $x_{\text{мин}}$ or the maximum amount of speed ϑ_{max} we will be able to find the limit values.

$$x \geq \frac{A}{2} + \sqrt{\frac{Sk_t \rho \vartheta^2}{2P_{\text{мьёп}}}} \Rightarrow x_{\text{мин}} = \frac{A}{2} + \sqrt{\frac{Sk_t \rho \vartheta^2}{2P_{\text{мьёп}}}}. \quad (7)$$

The maximum amount of the set speed is found as follows:

$$\vartheta_{\text{макс}} = \left(x - \frac{A}{2}\right) \times \sqrt{\frac{2P_{\text{мьёп}}}{Sk_t \rho}}. \quad (8)$$

Calculation results equal to $\vartheta_{\text{макс}} = 250$ km/h, $P_{\text{мьёп}} = 1800$ Па, $\rho = 1,225$ kg/m^3 , $S \approx 48$ m^2 $k_t = 1,2$ and the data on trains are given above, and the following results of the calculations on these values are given in Table 4.

The air flow velocity that should affect the movement composition when the distance between the two road axes is 4100 mm $\vartheta_{\text{макс}} \leq 19,41$ m/s will have to organize.

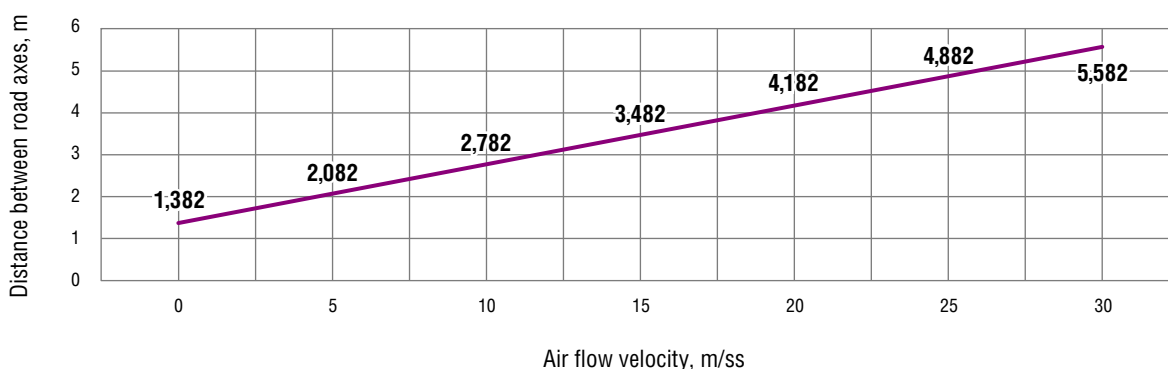
Table 4

The distance between the axes of the road depends on the speed of the air flow

Maximum speed of freight train, km/h	Speed of a high-speed passenger train, km/h	Minimum distance between road axes, mm
100	250	4846
100	200	4014
100	160	3496

1-graph

Graph of the distance between road axes as a function of air flow velocity



We can see from the 1-graph below that the distance between the road axes depends on the air flow velocity.

In the conditions of high-speed passenger trains, timely and quality delivery of freight trains to their destinations is also an important task for the railways.

Conclusion

Research shows that despite the research of European, US and Chinese scientists, it is important to study the

aerodynamic effects of high-speed passenger trains on freight trains by adapting them to our local area. In particular, Galliard and the European standard EN-14067, Part 4 (2) does not take into account the speed of opposite freight trains, which in turn indicates the need for additional research in this area. The fact that the speeds of freight trains are not taken into account or remain unchanged in scientific research also indicates the need for JSC «Uzbekistan Railways» to conduct research to effectively use the capacity of sections in the organization of combined transport. **IT**

References

1. Lazarenko Yu. M. Kapuskin A. N. Aerodynamic impact of the Sapsan high-speed electric train on passengers on platforms and on oncoming trains when crossing // Bulletin of the Research Institute of Railway Transport. 2012. № 4. P. 11–14.
2. EN 14067. Railway applications — Aerodynamics. Part 2: Aerodynamics on open track. Ed: CEN/TC 256. 2010.
3. EN 14067. Railway applications — Aerodynamics. Part 4: Requirements and test procedures for aerodynamics on open track. Ed: CEN/TC 256. 2010.
4. EN 14067. Railway applications — Aerodynamics. Part 6: Requirements and test procedures for cross wind assessment. 2018.
5. Raghunathan Raghu S., Kim H. D., Setoguchi T. Aerodynamics of high-speed railway train // Progress in Aerospace Sciences. 2002. Vol. 38. P. 469–514. DOI:10.1016/S 0376-0421(02)00029-5.
6. Lee H. Assessment of potential aerodynamic effects on personnel and equipment in proximity to high-speed train operations / US Department of Transportation DOT/FRA/ORD-99/11. 1999. URL: https://railroads.dot.gov/sites/fra.dot.gov/files/fra_net/3982/DOT-FRA-ORD-99-11.pdf.
7. Chelnokov I. I. et al. Modeling of aerodynamic interaction of oncoming high-speed trains // Dynamics of cars. LIIZhT, 1972. Is. 337. P. 98–104.
8. Li R., Lui J., Qi Z., Zhang W. Air pressure pulse developing regularity of high-speed trains crossing in open air // Jixie

- Gongcheng Xuebao (Chinese Journal of mechanical Engineering). 2011. Vol. 47. P. 125–130.
9. Holmes T., Schroeder M., Toma E. High-speed passenger and intercity train aerodynamic computer modeling // Proceedings of ME 2000. Orlando, Florida, 2000.
 10. Gaillard M. Aerodynamics of trains in Tunnels // International Symposium of Aerodynamics and Tunnel Ventilation of Vehicle Tunnels, 1973.
 11. Suzyumova E. M., Romanenko G. A. Experimental study of the velocity field around a high-speed train // Works of NIIZHT. 1979. Is. 617. P. 86–106.
 12. Hong-bing Xiong, Wen-guang Yu, Da-wei Chen, Xue-ming Shao. Numerical study on the aerodynamic performance and safe running of high-speed trains in sandstorms // Journal of Zhejiang University Science A. December 2011. Vol. 12, Is. 12. P. 971–978.
 13. Baker C., Quinn A., Sima M., Hoefener L., Licciardello R. Full scale measurement and analysis of train slipstreams and wakes: Part 2 Gust analysis // Proceedings of the Institute of mechanical Engineers. Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. 2013.
 14. Rasulov M. Kh., Bekzhanova S. E., Masharipov M. N., Bozorov R. Sh. Methods for the efficient use of the capacity of sections in the conditions of the passage of high-speed passenger trains // Railway transport: Topical issues and innovations. 2021. № 2. P. 5–22.
 15. SNiP 2.01.07–85. Loads and actions 6. Wind loads.
 16. Saidivaliev Sh. U., Bozorov R. Sh., Shermatov E. S. A new method for calculating the time and speed of a wagon during its movement on the site of the first brake position of a marshalling hump under the influence of a headwind // Issues of Sustainable Development of Society. 2021. № 6. P. 575–586.
 17. Saidivaliev Sh. U., Bozorov R. Sh., Shermatov E. S. A new method of calculating time and speed of a carriage during its movement on the section of the first brake position of a marshaling hump when exposed headwind // STUDENT. eISSN 2658–4964. 2021. No. 9.
 18. Saidivaliev Sh. U., Jabbarov Sh. B., Adilov N. B., Khozhiev N. K., Bozorov R. Sh. On the absence of a theoretical basis for the formula for determining the height of the first profile section of the sorting hump // Innovations. The science. Education. 2021. № 34. P. 1467–1481.
 19. Saidivaliev Sh., Bozorov R., Shermatov E.. Kinematic characteristics of the car movement from the top to the calculation point of the marshalling hump. E 3S // Web of Conferences. 264, 05008 (2021). URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126405008>.
 20. URL: <https://www.ifmr.uz/infographics>.
 21. URL: https://railway.uz/ru/gazhk/strategiya_razvitiya.
 22. On the procedure for servicing and organizing the passage of high-speed electric trains «Afrosiob» on public railways on the section Tashkent – Samarkand – Karshi, Tashkent – Samarkand – Bukhara: Instruction. Tashkent, 2016.
 23. Khadjimukhametova M., Merganov A. M. Method for calculating the injection effect to create air circulation inside containers // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. Vol. 9. № 1. P. 3222–3224.



Дмитрий Леонидович
Худояров

Dmitry L. Khudoyarov



Никита Евгеньевич
Шатилов

Nikita E. Shatilov

Эксплуатационная надежность тяговых электрических машин электровозов серии 2ЭС6

Operational reliability of traction electric machines of 2ES6 series electric locomotives

Аннотация

В работе проведен анализ неисправностей ТЭД 810-й серии. Предложены мероприятия по обеспечению требуемого уровня надежности тяговых электродвигателей электропоездов 2ЭС6.

Ключевые слова: электровоз серии 2ЭС6, тяговый электродвигатель серии 810, надежность в эксплуатации, unplanned repairs.

Abstract

The paper analyzes the 810 series TEM malfunctions. Measures are proposed to ensure the required level of reliability of traction electric motors of 2ES6 electric trains .

Keywords: 2ES6 electric locomotive, 810 series traction electric motor, reliability in operation, unscheduled repairs.

Авторы Authors

Дмитрий Леонидович Худояров, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрическая тяга» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: Khudojarovd@mail.ru | Никита Евгеньевич Шатилов, студент Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: nik99shatilov@mail.ru

Dmitry L. Khudoyarov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Chair "Electric Traction" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: Khudojarovd@mail.ru | Nikita E. Shatilov, student of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: nik99shatilov@mail.ru

Наиболее значимая часть межпоездных ремонтов электровозов приходится на тяговое оборудование, в частности на тяговые электродвигатели (ТЭД). Аналогичная ситуация складывается и с электровозами серии 2ЭС6, оснащаемыми ТЭД серии 810, среди которых насчитывается 4 различных типа (рис. 1) [1].

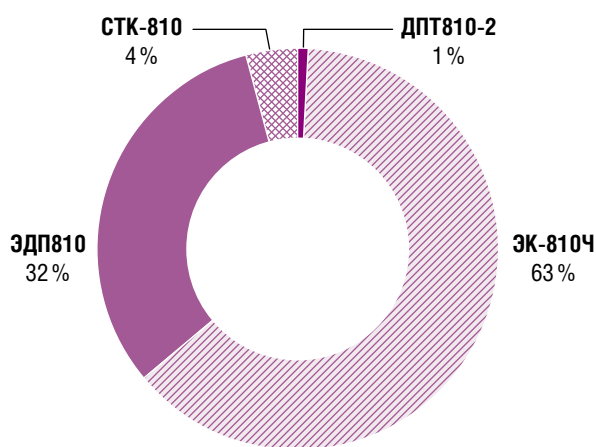


Рис. 1. Распределение типов ТЭД 810-й серии (по состоянию на 1 января 2022 г.)

Серия типа ЭК-810Ч является наиболее массовой — этот тип ТЭД устанавливается на электровозы, выпускаемые в настоящее время. Однако остальные серии также требуют постоянного внимания, поскольку их количество велико и существует постоянная потребность в них на линейных предприятиях (сервисных локомотивных депо, электровозоремонтном заводе) — по требованиям руководства по эксплуатации в одну тележку запрещено устанавливать различные типы ТЭД. Таким образом, большинство базовых сервисных предприятий

должны иметь в переходном запасе ТЭД всех типов для своевременной выдачи локомотивов в эксплуатацию.

Условия работы тягового электрооборудования могут серьезно отличаться в зависимости от времени года. Летом наблюдается повышенный нагрев тяговых двигателей. В зимний период наряду с наличием отрицательных температур и повышением основного удельного сопротивления движению изменяются свойства эластичных элементов механической части, ухудшающих условия работы тяговых двигателей.

Как видно из графиков на рис. 2, большинство unplanned repairs по каждому типу ТЭД проходит в I квартале. Наиболее распространенные типы ЭК и ЭДП обладают схожими характеристиками по количеству unplanned repairs вне зависимости от времени года. Типы СТК и ДПТ обладают меньшей эксплуатационной надежностью.

Несмотря на видимое преимущество ТЭД типа ЭДП и ЭК, превышение количества unplanned repairs в I квартале по сравнению с летними месяцами составляет трех-четырёхкратную величину. У ТЭД типа СТК аналогичный рост количества межпоездных ремонтов наблюдается только в двукратном размере.

Несмотря на появление отрицательных температур уже в IV квартале, пик выхода из строя тягового оборудования приходится именно на I квартал. Возможными причинами можно считать наличие большего диапазона перепадов температур в первом квартале, а также реакцию верхнего строения пути при переходе от отрицательных температур к положительным. Следует учитывать, что в I квартале будет проявлять себя так называемый «отложенный» эффект, поскольку в IV квартале неблагоприятное воздействие на оборудование уже было оказано, однако предел прочности не был превышен, и это не привело к немедленному проявлению отказа оборудования.

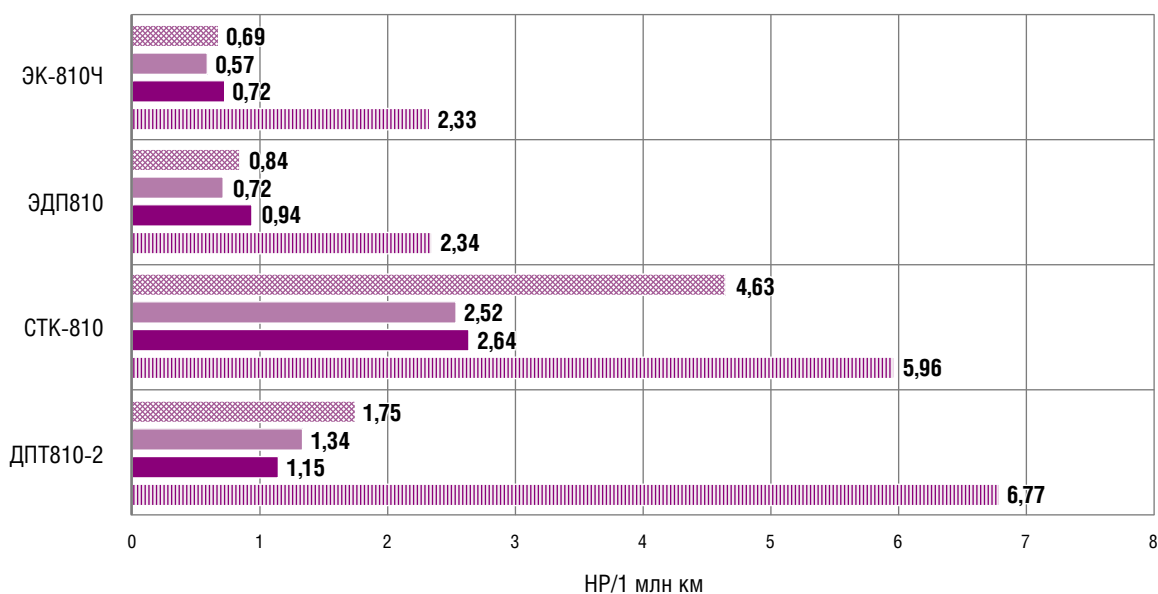


Рис. 2. Распределение количества unplanned repairs по итогам работы за 2021 г.:
 I квартал; II квартал; III квартал; IV квартал

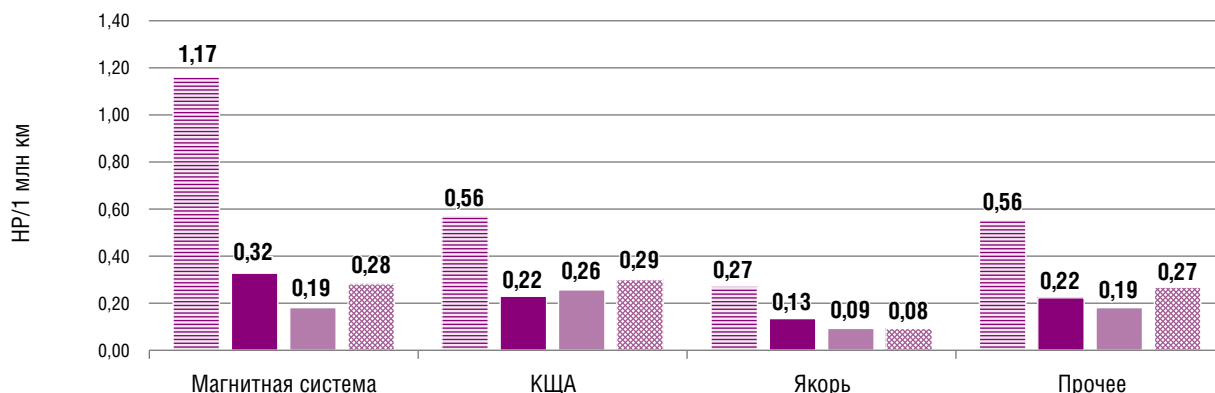


Рис. 3. Поквартальное распределение unplanned repairs по узлам за 2021 год:

— I квартал; — II квартал; — III квартал; — IV квартал

На рис. 3 приведено поквартальное распределение unplanned repairs по основным узлам ТЭД:

1) якорь (электрический пробой изоляционных покрытий обмотки);

2) КЩА (повреждения коллекторно-щеточного аппарата, в том числе перебросы электрической дуги по коллектору);

3) магнитная система (выход из строя главных полюсов и компенсационной обмотки с дополнительными полюсами и их выводами).

Магнитная система является одним из самых слабых элементов конструкции двигателей серии 810 [2]. Как видно из представленной диаграммы (рис. 3), она наиболее чувствительна к погодным условиям. Коллекторно-щеточный аппарат также подвержен влиянию сменности сезонов, в I квартале наблюдается наибольший рост по сравнению с другими периодами. Наиболее стабильным узлом тяговых двигателей по количеству межпоездных ремонтов на протяжении календарного года является якорь ТЭД.

На сегодняшний день уже имеется представление об условиях, в которых приходится работать всем элементам двигателя 810-й серии. Повышенная мощность по сравнению с электровозами классических серий (ВЛ10, ВЛ11) в аналогичных габаритах создает более тяжелые

условия для работы каждого узла двигателя. Значительная доля unplanned repairs в любое время года приходится на коллекторно-щеточный аппарат (рис. 3).

В частности, опасность вызывает такое явление, как возникновение перебросов электрической дуги. В качестве основных причин возникновения этой неисправности можно выделить два фактора: технологический и конструкционный. В отличие от конструкционного фактора, обусловленного неизменным устройством двигателя, повлиять на который в эксплуатации нет возможности, технологический может быть взят под контроль.

Таким образом, своевременное и качественное сервисное обслуживание коллекторного узла способствует снижению количества unplanned repairs по причине возникновения перебросов электрической дуги, в том числе и круговых огней по коллектору. В ряде случаев сам коллекторно-щеточный аппарат также подвергается модернизации. Например, модернизация одного из типов амортизаторов щеток позволила сократить количество случаев зависания щеток.

Конструкция двигателя также постоянно подвергается пересмотру как со стороны завода-изготовителя локомотивов, так и со стороны изготовителей двигателей, что позволяет обеспечивать постоянное повышение надежности конструкции ТЭД. **ИТ**

Список литературы

1. Электровоз грузовой постоянного тока 2ЭС6 с коллекторными тяговыми электродвигателями. Руководство по эксплуатации. Часть 4. Описание и работа. Преобразователи и электрические машины 2ЭС6.00.000.000 РЭЗ. ОАО «УЗЖМ». 2016. 167 с.
2. Юрасов О. Д. Анализ unplanned repairs электрических машин электровозов серии 2ЭС6 в сервисном локомотивном депо «Московка» // Материалы второй Всероссийской научно-технической конференции с международным участием : сборник научных статей. Омск, 2014. С. 235–242.

References

1. DC 2ES6 electric freight locomotive with collector traction motors. Operation manual. Part 4. Description and work. Converters and 2ES6.00.000.000 electric machines RE3. JSC «UZZHM». 2016. 167 p.
2. Yurasov O. D. Analysis of unplanned repairs of electric cars of 2ES6 series electric locomotives at the Moskovka service locomotive depot // Materials of the second All-Russian Scientific and Technical conference with international participation : collection of scientific articles. Omsk, 2014. Pp. 235–242.



**Александр
Иванович
Скутин**
**Alexander I.
Skutin**



**Максим
Михайлович
Мыльников**
**Maxim M.
Mylnikov**



**Михаил
Олегович
Якимов**
**Mikhail O.
Yakimov**

Оценка планового положения рельсовой колеи существующих железных дорог

Assessment of the planned position of the track gauge of existing railways

Аннотация

В статье рассмотрена оценка влияния геометрии рельсовых нитей в плане на фактические значения коэффициента бокового давления от воздействия поперечных сил при прохождении железнодорожного подвижного состава.

Ключевые слова: рельсовые нити, степени отклонения, боковое давление.

Abstract

The article considers the assessment of the influence of geometry of rail threads in terms of actual values of the lateral pressure coefficient from the impact of transverse forces during the passage of railway rolling stock.

Keywords: rail threads, degrees of deviation, lateral pressure.

Авторы Authors

Александр Иванович Скутин, канд. техн. наук, доцент кафедры «Путь и железнодорожное строительство» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: Askutin@usurt.ru | **Максим Михайлович Мыльников**, ИП «Мыльников М. М.»; e-mail: mmmylnikov@ya.ru | **Михаил Олегович Якимов**, студент Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: yakimov_1999@mail.ua

Alexander I. Skutin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Chair "Track and Railway Construction" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: Askutin@usurt.ru | **Maxim M. Mylnikov**, IE "Mylnikov M. M."; e-mail: mmmylnikov@ya.ru | **Mikhail O. Yakimov**, student of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: yakimov_1999@mail.ua

При проверке состояния рельсовой колеи используются путеизмерительные вагоны различных типов. О качестве состояния рельсовой колеи принято судить по балловой оценке пути, представляющей собой количественную оценку отступлений геометрии рельсовой колеи железных дорог. За допускаемые отклонения в содержании рельсовой колеи приняты отклонения в положении рельсовых нитей от номинальных значений геометрии рельсовой колеи, не требующие устранения.

На железных дорогах России, помимо обычного грузового и пассажирского движения, выделяют скоростные пассажирские поезда, движущиеся на отдельных участках со скоростью от 141 до 200 км/ч, и высокоскоростные пассажирские поезда со скоростью свыше 200 км/ч. В то же время для скоростных пассажирских поездов маршрутная скорость должна превышать 91 км/ч.

В процессе эксплуатации железных дорог общего пользования контролируются следующие основные параметры: ширина колеи (сужение или уширение); положение рельсовых нитей по уровню (перекосы); положение рельсовых нитей в плане (рихтовки); просадки рельсовых нитей в вертикальной плоскости (просадки); сочетания отступлений по рихтовкам с перекосами и просадками; кривые в плане, требующие ограничения скоро-

сти. В настоящем исследовании рассмотрены некоторые аспекты отклонения фактического положения рельсовых нитей от номинальных значений, то есть рихтовки.

Отклонения геометрических параметров рельсовой колеи от номинальных значений подразделяются на степени по мере приближения к предельным величинам, а также в зависимости от очередности проведения путевых работ [1]. На железных дорогах России принято следующее деление отклонений на степени:

- I степень — отклонения, не требующие устранения при текущем содержании;
- II степень — отступления, устраняемые в плановом режиме;
- III степень — отступления, требующие ограничения скорости движения поездов, которые должны устраняться в трехсуточный срок;
- IV степень — неисправности, требующие ограничения скорости или закрытия перегона и проведения неотложных работ.

В табл. 1 представлены степени отступлений положения пути в плане. Из таблицы видно, что в реальном диапазоне изменения скоростей движения пассажирских/грузовых поездов 61–120/61–90 для II степени отступлений разность смежных стрел изгиба при хорде длиной 20 м не должна превышать 25 мм.

Таблица 1

Степени отступления положения пути в плане

Установленная скорость пассажирских/грузовых поездов, км/ч	Степень	Разность смежных стрел изгиба, измеренных от середины хорды длиной 20 м при длине неровности пути, мм	
		до 20 м включительно	от 20 до 40 м включительно
121–140	I	от 10 до 12	от 16 до 20
	II	до 15	до 25
	III	до 25	до 35
	IV	более 25	более 35
6–120/61–90	I	от 10 до 15	от 16 до 20
	II	до 25	до 35
	III	до 35	до 40
	IV	более 35	более 40
41–60	I	от 18 до 20	от 25 до 30
	II	до 35	до 40
	III	до 40	до 50
	IV	более 40	более 50
16–40	I	от 18 до 20	от 25 до 30
	II	до 40	до 50
	III	до 50	до 65
	IV	более 50	более 65
15	III	от 50 до 65	от 65 до 90
Движение закрывается	IV	более 65	более 90

Для оценки реального состояния планового положения рельсовой колеи проанализирован участок Транссибирской магистрали в границах Свердловской железной дороги. Протяженность участка составила 30 км, из которых прямые — 23,630 км (79 %), переходные кривые — 3,310 км (11 %), круговые кривые — 3,060 км (10 %). Анализируются требования Инструкции по оценке состояния рельсовой колеи [1] и фактические данные графических диаграмм основных параметров геометрии рельсовой колеи. Диаграмма основных параметров геометрии рельсовой колеи показана на рис. 1.

Графическая интерпретация протяженности путей со сверхнормативными отклонениями от оси пути для станций и перегонов в зависимости от балльной оценки представлена на рис. 2. Очевидно, состояние главных путей в границах отдельных пунктов хуже, чем на перегонах. Это можно объяснить наличием стрелочных переводов и маневровой поездной нагрузкой.

На основе детальной проработки графических диаграмм на рассматриваемых участках установлены зависимости сверхнормативных отклонений плана трассы от радиусов кривых. Так, доля сверхнормативных отклонений составила: в прямых — 8,4 %, в переходных кривых — 10,4 %, в круговых кривых — 13,6 %.

Для установления зависимости влияния фактической геометрии плана железнодорожного пути на поперечные силы, действующие на путь при движении поезда, детально обследованы криволинейный и прямолинейный участки в границах Свердловской железной дороги. Рассмотрены кривая радиусом 640 м длиной 750 м (рис. 1) и прямолинейный участок протяженностью 440 м. Следует иметь в виду, что оба участка по показателю «рихтовка» оцениваются отлично.

Анализируя графические диаграммы основных параметров геометрии рельсовой колеи (рис. 1),

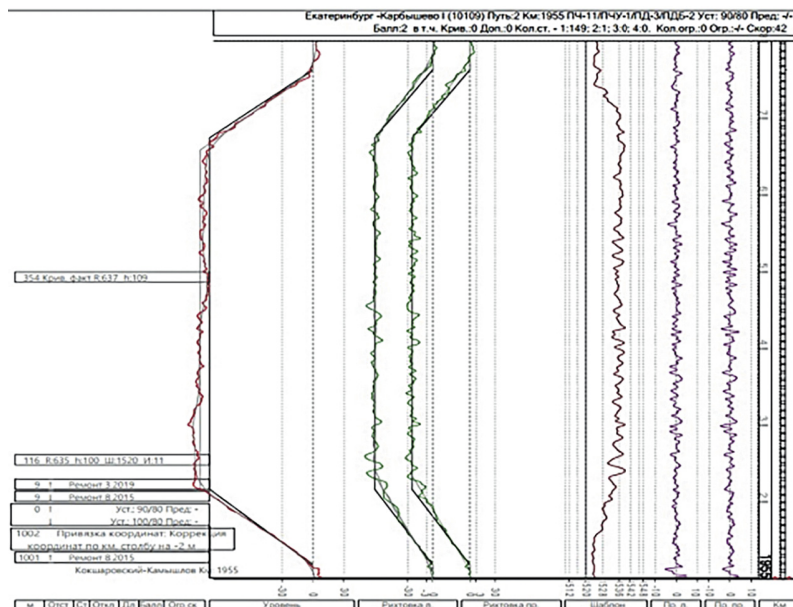


Рис. 1. Диаграмма основных параметров геометрии рельсовой колеи

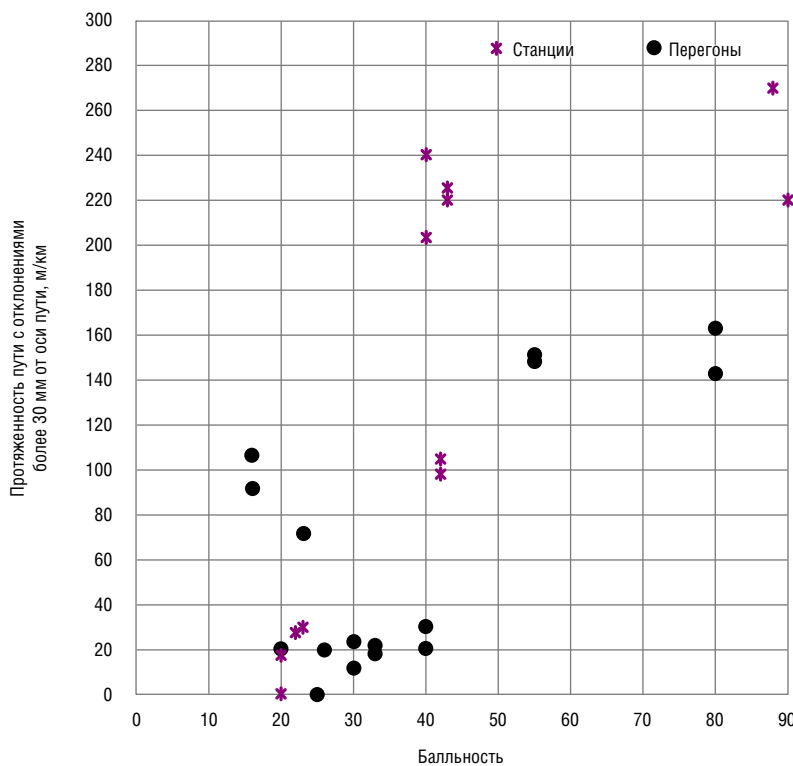


Рис. 2. Результаты анализа протяженности путей со сверхнормативными отклонениями от оси пути в зависимости от балльности

можно заметить, что фактическая геометрия рельсовой колеи (ГРК) существенно отличается от заявленных паспортных данных в прямых и кривых участках пути. Это связано с тем, что по инструкции ЦДИ-436/р [1] не-

исправности I степени устраняются при плановых ремонтах, то есть их величины не шифруются и не расписываются в ПУ-32, а лишь указывается в общей совокупности их количество.

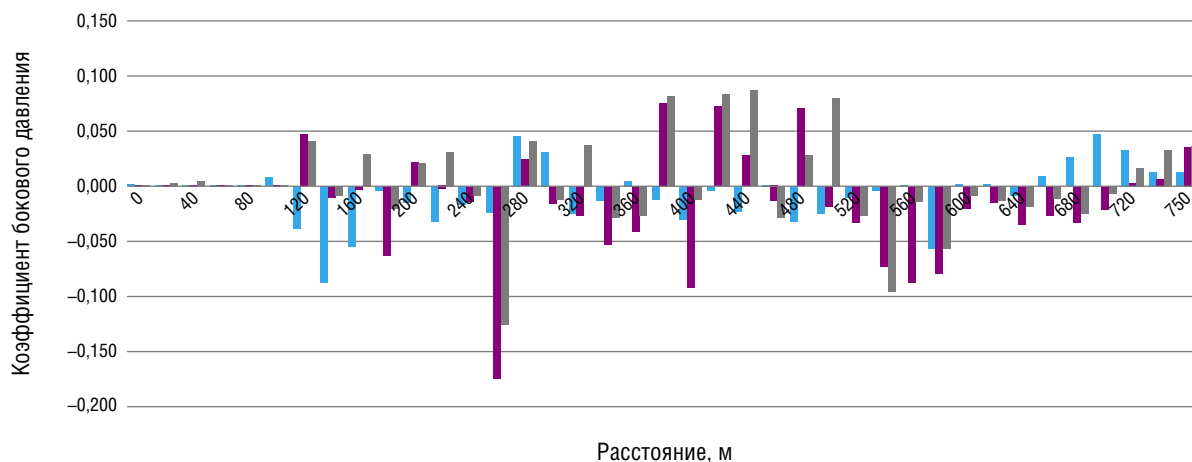


Рис. 3. Диаграмма значений коэффициента бокового давления в кривой:

■ — 40 км/ч; ■ — 60 км/ч; ■ — 80 км/ч

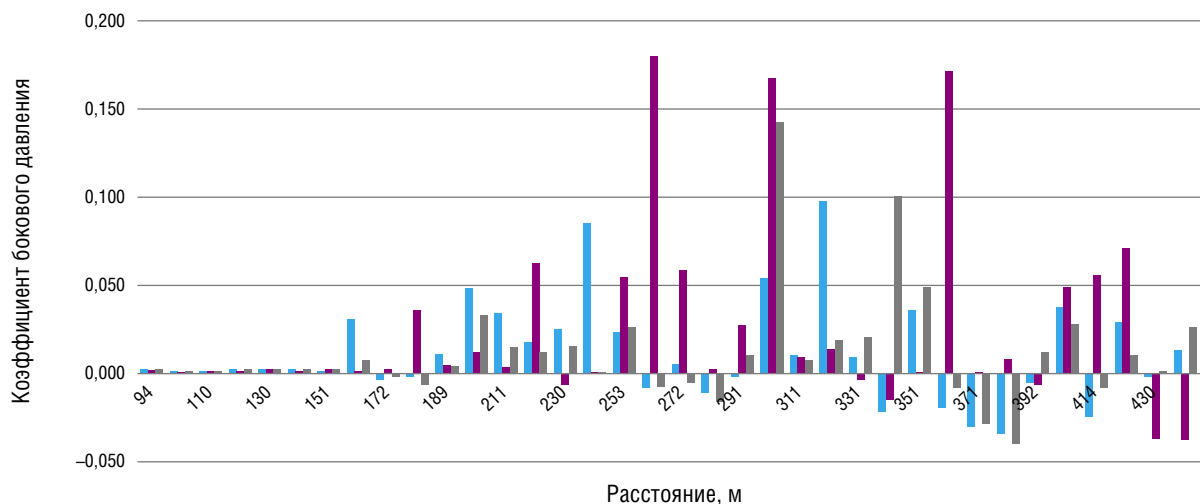


Рис. 4. Диаграмма значений коэффициента бокового давления в прямой:

■ — 40 км/ч; ■ — 60 км/ч; ■ — 80 км/ч

В программном комплексе «Универсальный механизм» смоделировано движение поездов по железнодорожным путям с заявленными паспортными данными и фактической геометрией. Моделировалось движение поездов со скоростями 40, 60 и 80 км/ч.

Для анализа влияния неровностей пути в плане на поперечные силы, возникающие при движении поезда, использовался коэффициент бокового давления λ_0 , представляющий собой отношение поперечной силы Y , возникающей при движении поезда, к вертикальной Q , то есть $\lambda_0 = Y/Q$. Диаграммы коэффициентов бокового давления при движении поездов с различными скоростями по фактическим трассам в кривой и по прямой представлены на рис. 3 и 4. Объединенные данные коэффициентов бокового давления в широком диапазоне скоростей показаны в табл. 2.

Анализ результатов моделирования движения поезда по пути с фактической геометрией позволил сделать

вывод о том, что дополнительные боковые воздействия в прямых и кривых участках пути возросли в среднем на 3,6 и 3,7 % соответственно. В то же время их максимальные воздействия увеличились соответственно на 18,9 и 17,9 %. Причем вероятность появления столь значительных боковых воздействий на рассматриваемых участках составила 4 % в прямой и 1 % в кривой. С нашей точки зрения, это низкие показатели, несмотря на то что обследованы участки с позитивной оценкой плана железнодорожного пути.

В своде правил [2] нормируется коэффициент надежности по нагрузке на поверхности для кратковременных нагрузок от транспортных средств. Его численное значение составляет 1,2. При обследовании участков железных дорог с худшей геометрией пути этот показатель с высокой вероятностью будет превышен. Этот фактор необходимо учитывать при планировании работ по текущему содержанию пути. **ИТ**

Вероятные боковые воздействия на путь при движении поездов

Коэффициенты бокового давления	Вероятность появления	
	в прямой	в кривой
0–0,05	0,85	0,84
0,05–0,10	0,09	0,14
0,10–0,15	0,02	0,01
0,15–0,20	0,04	0,01
Средневзвешенный	0,036	0,037
Максимальный	0,189	0,179

Список литературы

1. Инструкция по оценке состояния рельсовой колеи путеизмерительными средствами и мерам по обеспечению безопасности движения поездов: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 28 февраля 2020 года, № 436/р. 85 с.
2. СП 381.1325800.2018. Свод правил. Сооружения подпорные. Правила проектирования. М. : Стандартинформ, 2018. 109 с.

References

1. Instructions for assessing the condition of the track gauge by track measuring means and measures to ensure the safety of train traffic: approved by the Order of JSC «Russian Railways» dated February 28, 2020, No. 436/p. 85 p.
2. SP 381.1325800.2018. A set of rules. Retaining structures. Design rules. Moscow : Standartinform, 2018. 109 p.



**Иван Максимович
Зелюков**
Ivan M. Zelyukov



**Геннадий Львович
Штрапенин**
Gennadiy L. Shtrapenin

Устройство защиты тормозной системы гоночного болида «Формула студент»

The device for protecting the braking system of the Formula Student racing car

Аннотация

В статье рассмотрена оригинальная конструкция устройства защиты тормозной системы гоночного автомобиля — brake system plausibility device (BSPD), изготовленного в рамках международного образовательного проекта «Формула студент». Согласно регламенту проекта, устройство не должно содержать программируемых блоков и в течение 0,5 секунды должно блокировать систему электропитания автомобиля в случае одновременного нажатия педалей газа и тормоза. Был изготовлен действующий макет устройства BSPD, который продемонстрировал соответствие заданным параметрам.

Ключевые слова: «Формула студент», гоночный болид, устройство защиты тормозной системы.

Abstract

The article discusses the original design of the racing car brake system protection device – braking system plausibility device (BSPD), manufactured within the framework of the international educational project “Formula Student”. According to the project regulations, the device must not contain programmable blocks and must block the car power supply system for 0.5 seconds if the brake gas pedals are pressed simultaneously. A working layout of the BSPD device was made, which demonstrated compliance with the specified parameters.

Keywords: “Formula student”, racing car, brake system protection device.

Авторы Authors

Иван Максимович Зелюков, студент механического факультета Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: zelukov.ivan@gmail.com | **Геннадий Львович Штрапенин**, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Электрические машины» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: shtrap@mail.ru

Ivan M. Zelyukov, student of the Faculty of Mechanics of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia; e-mail: zelukov.ivan@gmail.com | **Gennadiy L. Shtrapenin**, PhD, Associate Professor of the Department “Electrical Machines” of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia; e-mail: shtrap@mail.ru

«Формула студент» [1] — это международный образовательный проект, основанный сообществом автомобильных инженеров SAE (Society of Automotive Engineers). Цель проекта — формирование инженерного мышления у студентов и воспитание специалистов, готовых к решению непростых творческих задач. Уже более 40 лет данный проект является крупнейшим, не имеющим аналогов инженерным соревнованием в мире.

За один год команда, собранная исключительно из студентов, должна пройти полный жизненный цикл автомобилестроительной компании, производящей спортивные автомобили — болиды особого класса.

Болид должен быть построен в соответствии с техническим регламентом проекта [2], который обновляется каждый год, поэтому участники учатся выполнять творческую работу, соблюдая конкретные технические требования проекта.

Для успешной деятельности участникам команды приходится решать конструкторские, технологические, а также финансовые и кадровые задачи. Ценность проекта заключается в уникальной возможности конвертировать полученные на учебных занятиях теоретические знания и навыки в конкретные изделия.

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС) впервые вошел в проект «Формула студент» в 2012 году. За прошедшее время было изготовлено 9 вариантов болидов, которые приняли участие в российских и международных соревнованиях разного уровня.

По замыслу соревнований команда студентов университета является инженерной компанией, которая должна разработать, построить и испытать прототип автомобиля формульного класса для рынка непрофессиональных гоночных автомобилей. Испытанием для команд является сама постройка болида, который сможет успешно пройти все соревновательные дисциплины. При этом необходимо придерживаться четких правил регламента, которые должны соблюдаться на всех этапах конструирования болида. Соблюдение этих требований обеспечивает безопасность и схожесть гоночных автомобилей.

В процессе работы студенты решают множество различных задач, часть команды занимается подвеской автомобиля, другая — электропроводкой и т.д. Студенту УрГУПС — одному из авторов данной статьи — была поставлена задача разработать для болида устройство защиты тормозной системы Brake System Plausibility Device (BSPD).

BSPD является важной частью комплекса обеспечения безопасности автомобиля. Поскольку ноги пилота постоянно находятся на педалях газа и тормоза, данное устройство должно предотвратить одновременное торможение и ускорение автомобиля путем отключения бортового электропитания. Согласно регламенту на текущий год, устройство BSPD, во-первых, не должно содержать программируемых блоков [3] и, во-вторых, должно обеспечивать срабатывание системы через 0,5 секунды после возникновения следующих ситуаций:

- отсутствие сигнала хотя бы от одного из датчиков давления в тормозной системе, подключенных к устройству BSPD;
- резкое торможение, когда давление в тормозной системе становится больше 30 бар и положение дроссельной заслонки более чем на 25 % превышает позицию холостого хода.

Функциональная схема BSPD состоит из трех частей:

- часть № 1 — блок обработки сигнала;
- часть № 2 — блок задержки;
- часть № 3 — блок размыкания реле.

Блок обработки сигнала

Принципиальная электрическая схема блока обработки сигнала представлена на рис. 1. Чтобы обработать аналоговый сигнал с двух датчиков давления, использовалась интегральная микросхема LM339, содержащая 4 аналоговых компаратора. Для появления гистерезиса в цепь обратной связи компараторов установлены резисторы R5 и R6. Стабилитроны D1 и D2 защищают входные цепи от перенапряжений и высоковольтных выбросов. Резисторы R3 и R4 и шунтирующие входы устройства конденсаторы повышают стабильность работы и уменьшают влияние помех.

Сигналы с датчиков давления поступают на неинвертирующие входы компараторов U1A и U1B. Как только напряжение на неинвертирующих входах компараторов превысит напряжение на инвертирующих входах, настраиваемое с помощью потенциометров R7 и R8, на выходе логического элемента «И» U2 появится логическая единица, что разрешит работу последующих блоков устройства.

Ввиду того, что использовались аналоговые датчики давления, на их выходах всегда имеется некоторое напряжение. И если произойдет случайное отключение одного из датчиков, переключится один из компараторов U1C или U1D, а поскольку выходы этих элементов подключены к входам логического элемента «ИЛИ» U3, устройство также сработает.

Блок задержки

Задержка была реализована с помощью RC-цепи и логического элемента «И» в качестве буфера (рис. 2).

Параметры RC-цепи можно рассчитать по следующей формуле:

$$\tau = \frac{\ln\left(\frac{U_{\text{пит}} - U_2}{U_{\text{пит}} - U_1}\right)}{t},$$

где $\tau = RC$; $t = 0,5$ с; U_1 — напряжение срабатывания буфера; U_2 — напряжение, с которого начинается заряд конденсатора.

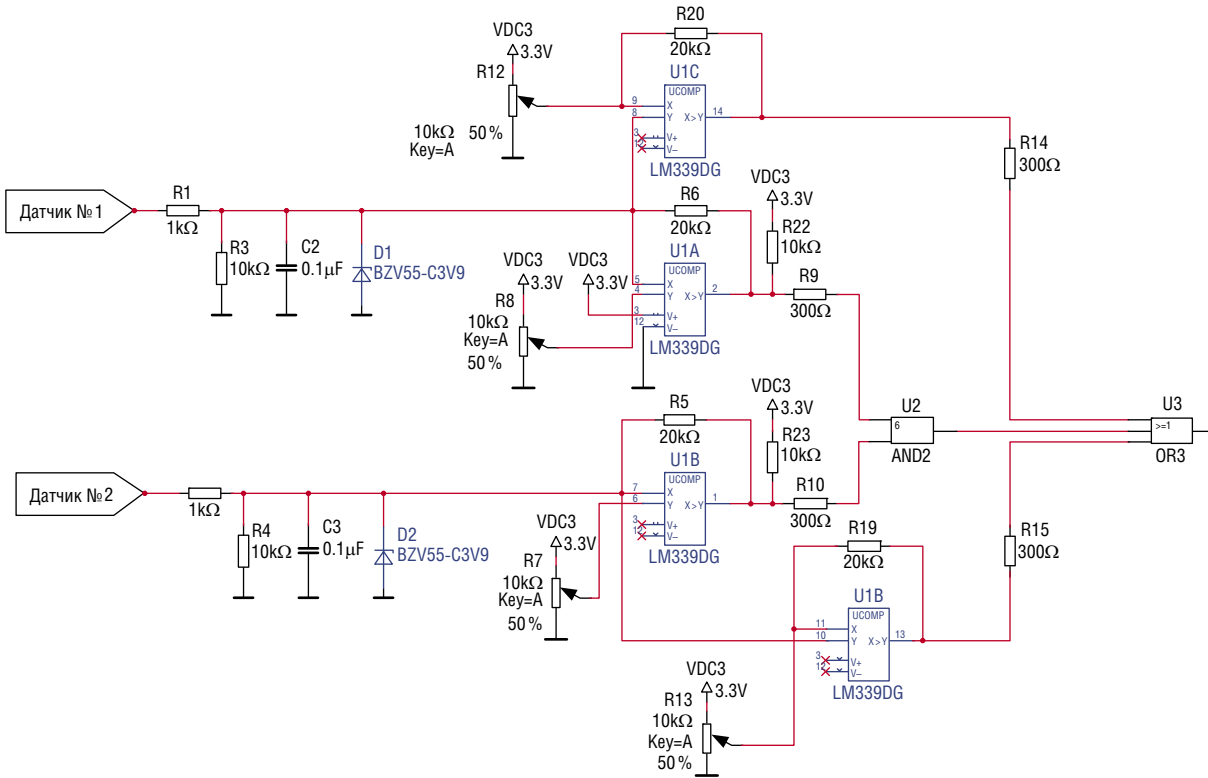


Рис. 1. Схема блока обработки сигнала

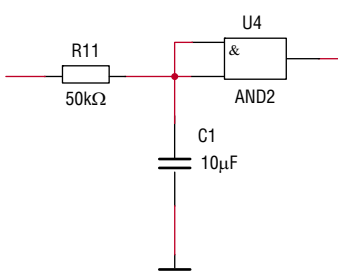


Рис. 2. Схема блока задержки

Блок размыкания реле

Реле, отключающее электропитание автомобиля, подключается напрямую к цепи питания 12 В. Чтобы разомкнуть цепь, на обмотку реле нужно подать ток 3 А, существенно больший, чем максимальный выходной ток буфера. Поэтому было решено ввести в схему силовую часть, которая сможет обеспечить нужный ток для питания обмотки реле, в связи с чем возникает проблема разделения сигнальной и силовой «земляных» цепей. Для решения данной пробле-

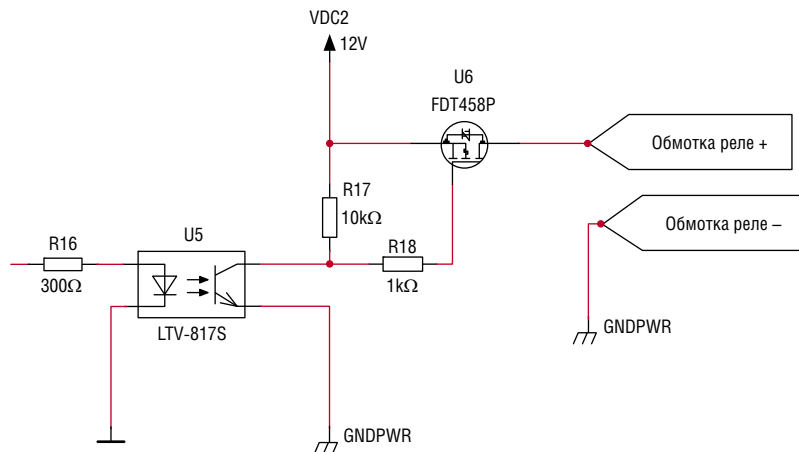


Рис. 3. Блок размыкания реле

мы используется гальваническая развязка на транзисторном оптроне. Принципиальная электрическая схема блока размыкания реле приведена на рис. 3. Силовая часть блока реализована на р-МОП транзисторном ключе. При включении фототранзистора оптрона силовой транзистор открывается, и через обмотку реле начинает течь ток, который включает реле и размыкает цепь питания.

Стабилизатор напряжения питания

Для получения стабильного напряжения и защиты схемы питания устройства было принято решение использовать стабилизатор напряжения, схема которого представлена на рис. 4. Конденсаторы емкостью 10 мкФ были установлены на вход и выход устройства согласно технической

документации линейного стабилизатора на микросхеме LM1117. Диод D4 служит для защиты от переплюсовки, а супрессор D3 защищает стабилизатор от перенапряжения на входе.

Заключение

Был изготовлен действующий макет устройства BSPD, который продемонстрировал соответствие заданным параметрам. Окончательную проверку и регулировку планируется провести в процессе финальных испытаний гоночного болида в полевых условиях. **ИТ**

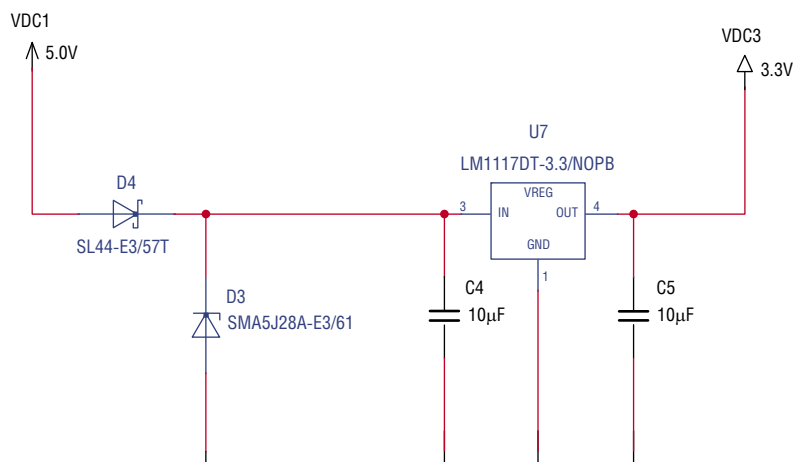


Рис. 4. Стабилизатор напряжения питания

Список литературы

1. Официальный сайт «Формула студент». URL: <http://fstudent.ru>.
2. Регламент соревнований «Формула студент» 2022 г. URL: https://www.formulastudent.de/fileadmin/user_upload/all/2022/rules/FS-Rules_2022_v1.0.pdf.
3. Волович Г. И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. 4-е изд., перераб. и доп. М. : ДМК Пресс, 2018.

References

1. The official website «Formula Student». URL: <http://fstudent.ru>.
2. Rules of the competition «Formula student» 2022. URL: https://www.formulastudent.de/fileadmin/user_upload/all/2022/rules/FS-Rules_2022_v1.0.pdf.
3. Volovich G. I. Circuit design of analog and analog-digital electronic devices. 4th ed., reprint. and additional. Moscow : DMK Press, 2018.

Уважаемые читатели и авторы журнала «Инновационный транспорт»!

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

Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС

ИНН-КПП 6670317893/667001001

ОГРН 1156600001470

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

Р/с 40703810863010000192

в ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ

к/с 30101810900000000795

БИК 046577795

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

Ваша финансовая поддержка позволит нам увеличить число публикаций,

повысить индексы цитирования журнала и наших авторов.

Уважаемые руководители инновационных компаний и предприятий!

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

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

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

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

Извещение	<p>Получатель: Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС КПП: <u>667001001</u> ИНН: <u>6670317893</u> ОКТМО: <u>65701000</u> Р/сч.: <u>40703810863010000192</u> в: ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ БИК: <u>046577795</u> К/сч.: <u>30101810900000000795</u> Код бюджетной классификации (КБК): _____ Платеж: Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС Плательщик: _____ Адрес плательщика: _____ ИНН плательщика: _____ № л/сч. плательщика: _____ Сумма: _____ руб. ____ коп. Подпись: _____ Дата: « ____ » _____ 2022 г.</p>
Квитанция	<p>Получатель: Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС КПП: <u>667001001</u> ИНН: <u>6670317893</u> ОКТМО: <u>65701000</u> Р/сч.: <u>40703810863010000192</u> в: ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ БИК: <u>046577795</u> К/сч.: <u>30101810900000000795</u> Код бюджетной классификации (КБК): _____ Платеж: Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС Плательщик: _____ Адрес плательщика: _____ ИНН плательщика: _____ № л/сч. плательщика: _____ Сумма: _____ руб. ____ коп. Подпись: _____ Дата: « ____ » _____ 2022 г.</p>

Подписка на 2022 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 2022 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 2022 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 7.1-2003, 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.

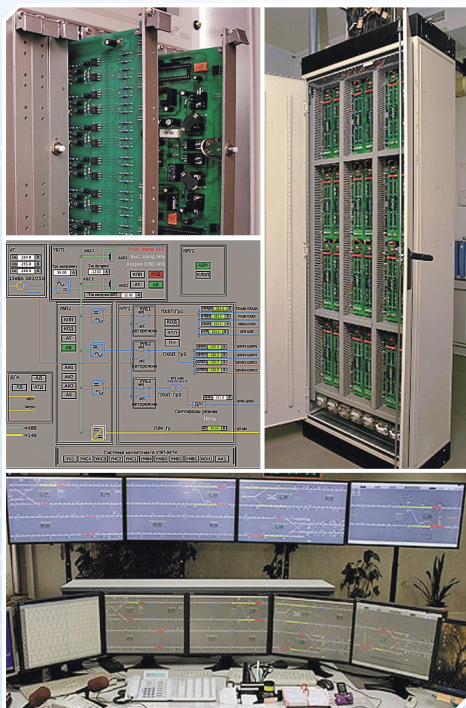
6. Рисунки и таблицы. Таблицы должны быть снабжены заголовками, а рисунки — подписями. Расположение заголовков: слово «Таблица» — в правый край таблицы; название таблицы располагается по центру над таблицей. В рисунках (диаграммах и графиках) слово «Рис.», номер и название рисунка располагаются по центру 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. Б3-03.
 Тел./факс: (343) 221-25-27.

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

