

ТРАНСПОРТ **МИР**

**WORLD OF TRANSPORT
AND TRANSPORTATION**

6 2022
Том / Vol. 20



**ДОРОГИ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ,
ЭКОНОМИКИ, БИЗНЕСА И ТУРИЗМА**

**ROADS FOR PEOPLE, ECONOMY,
BUSINESS AND TOURISM**



Вклейка, внутренние обложки,
с. 36, 79
Insert, internal covers, pp. 156, 197

ОТКРЫТИЕ МЕЖДУНАРОДНОГО ФОРУМА И ВЫСТАВКИ «ТРАНСПОРТ РОССИИ»



15 ноября 2022 года начали свою работу XVI Международный форум и выставка «Транспорт России».

В этот день Председатель Правительства РФ Михаил Мишустин осмотрел выставку, а также вручил высокие государственные награды наиболее отличившимся работникам транспортно-го комплекса.

На выставке главе Правительства представили результаты работы Государственной информационной системы электронных перевозочных документов. С момента старта тестовой эксплуатации ГИС ЭПД в ней было оформлено более 10 тысяч документов в электронном виде. На первом этапе услуги системы на добровольной основе доступны участникам перевозочного процесса, работающим на автотранспорте – самом массовом по числу участников.

Также была презентована первая оформленная в системе электронная транспортная накладная в формате NFT. Это уникальный цифровой сертификат, который хранится в блокчейне и гарантирует оригинальность предмета. На данный момент система начала работать на грузовом автотранспорте. Сейчас в ней можно оформить три типа документов – электронные транспортные накладные, электронные заказ-наряды и электронные сопроводительные ведомости. С 1 марта 2023 года можно будет оформить электронный путевой лист, электронный договор фрахтования и электронный заказ (заявки).

Долговременные перспективы развития ГИС ЭПД связаны с её тиражированием на все виды транспорта: железнодорожный, авиаци-

онный, морской и речной, а также на все виды перевозок: внутренние, по территории Российской Федерации, а также международные – экспорт, импорт, транзит.

ГИС ЭПД – это «ядро» создаваемого Минтрансом России суперсервиса «Безбумажные перевозки пассажиров и грузов». В дальнейшем использование ГИС ЭПД позволит обеспечить создание единой информационной среды для обмена документами между участниками перевозочного процесса на всех видах транспорта – автомобильном, железнодорожном, воздушном и морском.

Кроме того, Михаил Мишустин посетил объединённый стенд транспортных проектов Минтранса России и заслушал доклады о модернизации Единой системы организации воздушного движения в Российской Федерации, комплексной



модернизации пунктов пропуска через государственную границу РФ, развитии российского морского и речного гражданского флота, а также об обновлении дорожной сети в рамках национального проекта «Безопасные качественные дороги» и реконструкции объектов транспортной инфраструктуры. На стенде Международного аэропорта «Шереметьево» главе Правительства представили цифровую экосистему управления производственными процессами, являющуюся собственной разработкой аэропорта.

По материалам Пресс-центра
Министерства транспорта
Российской Федерации:
[https://mintrans.gov.ru/press-center/
news/10490](https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10490) ●

ТРАНСПОРТ МИР

• ТЕОРИЯ • ИСТОРИЯ
• КОНСТРУИРОВАНИЕ БУДУЩЕГО

6²⁰²²
(103)

Издаётся
Российским университетом
транспорта.
Учреждён МИИТ
в 2003 году

Редакционный совет:

Б. А. Лёвин – доктор технических наук, профессор РУТ – председатель совета

А. К. Головнич – доктор технических наук, доцент Белорусского государственного университета транспорта

А. А. Горбунов – доктор политических наук, профессор РУТ

Б. В. Гусев – член-корреспондент Российской академии наук

Н. А. Духно – доктор юридических наук, профессор РУТ

Д. Г. Евсеев – доктор технических наук, профессор РУТ

В. И. Колесников – академик РАН, профессор Ростовского государственного университета путей сообщения

К. Л. Комаров – доктор технических наук, профессор Сибирского государственного университета путей сообщения

Б. М. Куанышев – доктор технических наук, профессор, заместитель председателя КАЗПРОФТРАНС (Республика Казахстан)

Б. М. Лapidус – доктор экономических наук, профессор

Д. А. Мачерет – доктор экономических наук, профессор РУТ, первый заместитель председателя Объединённого учёного совета ОАО «РЖД»

Л. Б. Миротин – доктор технических наук, профессор Московского автомобильного государственного технического университета (МАДИ)

А. В. Сладковски – доктор технических наук, профессор Силезского технологического университета (Республика Польша)

Ю. И. Соколов – доктор экономических наук, профессор РУТ

Тран Дак Су – доктор технических наук, профессор Университета транспорта и коммуникаций (Ханой, Вьетнам)

Т. В. Шепитько – доктор технических наук, профессор РУТ

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКА И ТЕХНИКА

*Евгений СОТНИКОВ,
Константин ШЕНФЕЛЬД*
Четвёртая промышленная революция
и её влияние на железные дороги. 6

*Елизавета ИОВЛЕВА,
Михаил ЛЕБЕДЕВ,
Надежда ФИЛИППОВА*
Получение низкокзастывающего дизельного топлива
для надёжной работы техники в районах
Крайнего Севера и Арктики. 14

Виталий АТАПИН
Дополнительные критерии изменения кривизны
и температуры рельсовых плетей при контроле
за предотказным состоянием бесстыкового пути в плане. . . 18

*Дамир ГАЛЛЯМОВ,
Дмитрий ОВЧИННИКОВ*
Анализ взаимосвязи подуклонки рельсов и ширины
колеи на основании данных вагонов-путеизмерителей. . . . 27

УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА

Транспортная неделя-2022. 36

*Дарья ШКОЛИНА,
Александр АДАДУРОВ,
Сергей БЕХЕР*
Оптимизация ресурсов распределённых
производственных процессов с использованием
имитационного моделирования. 56

Ольга СУШКО
Моделирование авиапассажирских перевозок России . . . 64

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Б. А. ЛЕВИН –

главный редактор

Е. Ю. ЗАРЕЧКИН –

первый заместитель главного редактора

ЧЛЕНЫ

РЕДКОЛЛЕГИИ

Е. С. АШПИЗ –

д.т.н., доцент РУТ

Л. А. БАРАНОВ –

д.т.н., профессор РУТ

А. М. БЕЛОСТОЦКИЙ –

д.т.н., профессор РУТ

Г. В. БУБНОВА –

д.э.н., профессор РУТ

Ю. А. БЫКОВ –

д.т.н., профессор РУТ

В. А. ГРЕЧИШНИКОВ –

д.т.н., доцент РУТ

В. Б. ЗЫЛЁВ –

д.т.н., профессор РУТ

В. И. КОНДРАЩЕНКО –

д.т.н., старший научный сотрудник РУТ

А. А. ЛОКТЕВ –

д.ф-м.н., профессор РУТ

С. Я. ЛУЦКИЙ –

д.т.н., профессор РУТ

О. Е. ПУДОВИКОВ –

д.т.н., доцент РУТ

В. Н. СИДОРОВ –

д.т.н., профессор РУТ

Н. П. ТЕРЁШИНА –

д.э.н., профессор РУТ

В. С. ФЁДОРОВ –

д.т.н., профессор РУТ

В. М. ФРИДКИН –

д.т.н., старший научный сотрудник РУТ

В. А. ШАРОВ –

д.т.н., профессор РУТ

А. К. ШЕЛИХОВА –

руководитель редакции

РЕДАКЦИЯ

И. А. ГЛАЗОВ –

редактор

Н. К. ОЛЕЙНИК –

технический редактор

М. В. МАСЛОВА –

английский перевод

При перепечатке ссылка

на журнал «Мир транспорта»

обязательна.

© «Мир транспорта», 2022

Елена МАКЕЕВА,

Анна РЫЧКОВА

Построение гибких систем цифрового взаимодействия участников транспортного процесса в условиях меняющейся внешней среды 72

Новости транспортной отрасли в ноябре–декабре 2022 года 79

КОЛЕСО ИСТОРИИ

Олег ОПЁНЫШЕВ,

Ольга ЗЕМЛИНА,

Дмитрий ЯНГЁЗ

Актуальные вопросы становления и развития Московской межрегиональной транспортной прокуратуры 86

Николай ГРИГОРЬЕВ

Иван Гаврилович Александров.

Страницы жизни и достижений. 94

Электрическая тяга: публикации 1912 года 103

КНИЖНАЯ ЛОЦИЯ

Библиография. Значительнейшие из трудов профессора Н. П. Петрова (1892 год) 108

Авторефераты диссертаций 112

Новые книги о транспорте 118

Содержание номеров журнала «Мир транспорта», вышедших в 2022 году в томе 20. 119

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций 20 декабря 2002 г. Регистрационный номер ПИ № 77-14165.

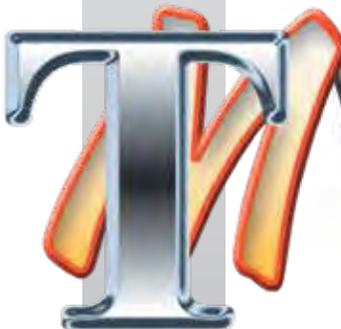
Журнал выходит 6 раз в год. Номер подписан в печать 30.12.2022.

Тираж 150 экз. Цена свободная.

Отпечатано с оригинал-макета в типографии ООО «Амирит», 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, д. 88, литер У.

Ознакомиться с содержанием вышедших номеров можно на сайте научной электронной библиотеки elibrary.ru или на сайте <https://mirtr.elpub.ru>, с условиями публикации – на сайте <https://mirtr.elpub.ru>.

Журнал включён в Российский индекс научного цитирования, информация размещается в базах данных РГБ, Соционет, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat.org, EBSCO CEEAS.



World of Transport and Transportation

•THEORY
•HISTORY
•ENGINEERING
OF THE FUTURE

Vol. 20²⁰²²
Iss. 6

The journal is published
by Russian University
of Transport.

Founded in 2003 by MIIT.

Editorial council:

Boris A. Lyovin, D.Sc. (Eng),
professor of Russian University of
Transport, chairman

Alexander C. Golovnich, D.Sc.
(Eng), associate professor of
Belarusian State Transport
University

Alexander A. Gorbunov, D.Sc.
(Pol), professor of Russian
University of Transport

Boris V. Gusev, corresponding
member of the Russian Academy
of Sciences

Nickolay A. Duhno, LL.D.,
professor of Russian University of
Transport

Dmitry G. Evseev, D.Sc. (Eng),
professor of Russian University of
Transport

Vladimir I. Kolesnikov, member of
the Russian Academy of Sciences,
professor of Rostov State University
of Railway Engineering

Constantine L. Komarov, D.Sc.
(Eng), professor of Siberian State
University of Railway Engineering

Bakytzhan M. Kuanyshv, D.Sc.
(Eng), professor, deputy chairman
of KAZPROFTRANS (Republic of
Kazakhstan)

Boris M. Lapidus, D.Sc. (Econ),
professor

Dmitry A. Macheret, D.Sc. (Econ),
professor of Russian University of
Transport, first deputy chairman of
the United scientific council of JSC
Russian Railways

Leonid B. Mirotn, D.Sc. (Eng),
professor of Moscow State
Automobile and Road Technical
University

Taisiya V. Shepitko, D.Sc. (Eng),
professor of Russian University of
Transport

Aleksander V. Sladkowski,
D.Sc. (Eng), professor of Silesian
University of Technology (Republic
of Poland)

Yuriy I. Sokolov, D.Sc. (Econ),
professor of Russian University of
Transport

Tran Dac Su, D.Sc. (Eng),
professor of the University of
Transport and Communications
(Hanoi, Vietnam)

CONTENTS

Page numbering below refers to the texts in English

SCIENCE AND ENGINEERING

Evgeny A. SOTNIKOV,
Konstantin P. SHENFELD
The Fourth Industrial Revolution
and its Impact on Railways 126

Elizaveta L. IOVLEVA,
Mikhail P. LEBEDEV,
Nadezhda A. FILIPPOVA
Obtaining Arctic Diesel Fuel for Reliable
Operation of Vehicles in the Areas
of the Far North and the Arctic 134

Vitaly V. ATAPIN
Criteria of Change of Curvature and Temperature
of Rails for Monitoring the Pre-Failure State
of a Continuous Welded Rail in Plan 138

Damir I. GALLYAMOV,
Dmitry V. OVCHINNIKOV
Analysis of the Relationship between Rail Cant
and Track Gauge Based on the Data Obtained
by Track Recording Cars 147

MANAGEMENT, CONTROL AND ECONOMICS

Transport Week 2022 156

Daria I. SHKOLINA,
Aleksander S. ADADUROV,
Sergey A. BEKHER
Resource Optimisation of Distributed Manufacturing
Processes Using Simulation 174

Olga P. SUSHKO
Modelling of Air Passenger Transportation in Russia 182

EDITORIAL BOARD

Boris A. LYOVIN,
editor-in-chief

Evgeny Yu. ZARECHKIN,
first deputy editor-in-chief

BOARD MEMBERS

Evgeny S. ASHPIZ,
D.Sc. (Eng), associate professor
of Russian University of Transport

Leonid A. BARANOV,
D.Sc. (Eng), professor of Russian
University of Transport

Alexander M. BELOSTOTSKIY,
D.Sc. (Eng), professor of Russian
University of Transport

Galina V. BUBNOVA,
D.Sc. (Econ), professor of Russian
University of Transport

Yuriy A. BYKOV,
D.Sc. (Eng), professor of Russian
University of Transport

Victor S. FEDOROV,
D.Sc. (Eng), professor of Russian
University of Transport

Vladimir M. FRIDKIN,
D.Sc. (Eng), senior researcher
of Russian University of Transport

Victor A. GRECHISHNIKOV,
D.Sc. (Eng), associate professor
of Russian University of Transport

Valeriy I. KONDRASHENKO,
D.Sc. (Eng), senior researcher
of Russian University of Transport

Alexey A. LOKTEV,
D.Sc. (Phys.-Math.),
professor of Russian University
of Transport

Svyatoslav Y. LUTSKIY,
D.Sc. (Eng), professor of Russian
University of Transport

Oleg E. PUDOVNIKOV,
D.Sc. (Eng), associate professor
of Russian University of Transport

Victor A. SHAROV,
D.Sc. (Eng), professor of Russian
University of Transport

Alla K. SHELIKHOVA,
head of editorial office

Vladimir N. SIDOROV,
D.Sc. (Eng), professor of Russian
University of Transport

Natalia P. TERYOSHINA,
D.Sc. (Econ), professor of Russian
University of Transport

Vladimir B. ZYLYOV,
D.Sc. (Eng), professor of Russian
University of Transport

EDITORIAL STAFF

Ivan A. GLAZOV,
editor

Natalia C. OLEYNIK,
editorial secretary

Maria V. MASLOVA,
translator

© Mir Transporta

© World of Transport
and Transportation

© English translation

© 2022. All rights reserved

Elena Z. MAKEEVA,

Anna S. RYCHKOVA

Building Flexible Systems of Digital Interaction
between Transport Process Participants

in a Changing Environment 190

News of Transport Industry in November–December 2022 197

HISTORY WHEEL

Oleg S. OPENYSHEV,

Olga M. ZEMLINA,

Dmitry I. YANGEZ

Topical Issues of Formation and Development

of Moscow Interregional Transport Prosecutor's Office. 204

Nikolay D. GRIGORIEV

Ivan Gavrilovich Alexandrov.

Pages of Life and Achievements. 212

Electrical Traction: publication of 1912 221

BIBLIO-DIRECTIONS

Bibliography. The Most Significant Works

of Professor N. P. Petrov 226

Selected Abstracts of Ph.D. Theses Submitted

at Russian Transport Universities 230

New Books on Transport and Transportation 235

Contents of the Issues of World of Transport

and Transportation Journal Published in Vol. 20 (2022). 236

Published quarterly since 2003. Bimonthly since 2013.

103 issues have been published since 2003.

Current issues are circulated in 200 hard copies available on
subscription.

All articles in the journal are published in Russian and English, both
versions being entirely identical. The emails of corresponding authors
are marked with ✉.

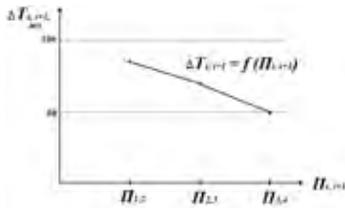
The open accessed full texts of the articles, editorial politics and
guidelines for the authors are available at the Website of the journal at
<https://mirtr.elpub.ru/jour> (both in Russian and English). The authors can
submit their articles either in Russian or in English. The journal uses
double-blind peer reviewing.

The full texts in Russian and key information in English are also
available at the Website of the Russian scientific electronic library at
<https://www.elibrary.ru> (upon free registration).

The journal is indexed in Russian scientific citation index system,
Russian state library, Socionet, Ulrichsweb, WorldCat.org, EBSCO
CEEAS.

Any reproduction in whole or in part on any medium or use of English
translation of the articles contained herein is prohibited for commercial
use without the prior written consent of World of Transport and
Transportation.

Т



БУДУЩЕЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

6

Четвёртая промышленная революция и её влияние на развитие железных дорог. Прогноз сроков наступления пятой промышленной революции и её содержания.

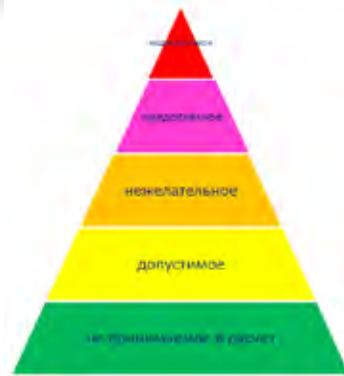


АВТОМОБИЛЬНАЯ ТЕХНИКА В СЕВЕРНЫХ РАЙОНАХ

14

Анализ процессов застывания дизельного топлива при низких температурах.

НАУКА И ТЕХНИКА



БЕССТЫКОВОЙ ПУТЬ

18

Дополнительные критерии контроля за безотказной работой железнодорожного пути в плане в части кривизны и температурного режима рельсовых нитей.

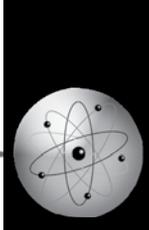


РЕЛЬС

27

Взаимосвязь подкладки рельсов и ширины колеи и их влияние на напряженно-деформированное состояние рельса.





НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 62:625:629

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-1>

Четвёртая промышленная революция и её влияние на железные дороги



Евгений СОТНИКОВ



Константин ШЕНФЕЛЬД

*Евгений Александрович Сотников¹,
Константин Петрович Шенфельд*

*¹ АО «Научно-исследовательский институт
железнодорожного транспорта»
(АО «ВНИИЖТ»), Москва, Россия.*

✉ ¹ info@vniizht.ru.

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены этапы развития промышленного производства человеческого общества на основе известной классификации четырёх промышленных революций.

На основе проведённого анализа разработана ретроспектива технико-технологического развития железных дорог по периодам между техническими революциями и по важнейшим техническим системам железных дорог (инфраструктура, подвижной состав, система управления), определены перспективы на обозримый срок.

Установлены основные направления технико-технологического развития производительных сил, характерные для четвёртой промышленной революции. Целью статьи является определение тех из них, которые целесообразно использовать применительно к железнодорожному транспорту с выбором ряда конкретных технико-технологических решений.

В области цифровизации предложено сосредоточиться на разработке и внедрении интеллектуальных систем управления для каждого рабочего места или интеллектуальных рабочих мест (ИРМ), обеспечивающих выработку дежурно-диспетчерским аппаратом на объектах железных дорог оптимальных решений многочисленных оперативных задач. Определено, что в случае крупной железнодорожной компании, такой как ОАО «РЖД», создание ИРМ управленца должно основываться на масштабности и общности решаемых задач на многочисленных однотипных объектах управления, исходя из того, что, например, число диспетчерских

участков достигает более 400, движущихся поездов и станций – нескольких тысяч, дело и дистанций инфраструктуры – нескольких сотен и т.д. Это позволяет создавать типовые системы, тиражируемые в дальнейшем для конкретных рабочих мест с учётом местной специфики.

Ключевым элементом интеллектуальных систем становится быстроразвивающееся производство всё более миниатюрных и, что важно, постоянно дешевеющих датчиков, способных уже сегодня встраиваться практически в любые объекты. На железных дорогах это, например, колесо вагона или локомотива, двигатели, рельсы, любые вагоны или контейнеры. Это позволяет осуществлять непрерывный мониторинг текущего состояния подобных объектов, а также их узлов. В результате открываются принципиально новые возможности сокращения затрат на техническое обслуживание подвижного состава и инфраструктуры, а также обеспечение транспортной безопасности. Так, впервые может быть поставлена задача достижения «абсолютной» безопасности движения на железнодорожном транспорте.

Выполнен прогноз примерного времени наступления пятой промышленной революции и путей развития технических систем железных дорог на период до её начала. Использование результатов выполненного исследования, как предполагается, позволит конкретизировать направления перспективного технико-технологического развития железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: промышленные революции, железнодорожный транспорт, интеллектуальные рабочие места, новые рабочие места, робототехника, прогноз.

Для цитирования: Сотников Е. А., Шенфельд К. П. Четвёртая промышленная революция и её влияние на железные дороги // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 6 (103). С. 6–13. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-1>.

**Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the article in English is published in the second part of the issue.**

ВВЕДЕНИЕ

Промышленное производство с массовым выпуском продукции, по существу, началось на Земле в конце XVIII века, сначала в Англии. А дальше периодически происходили технико-технологические скачки – так называемые «промышленные революции» [1].

Согласно принятой классификации, уже произошло четыре таких революции, последняя из которых происходит в наши дни. Каждая из революций определяется новыми направлениями развития, основанными, прежде всего, на достижениях фундаментальных наук, а также своими техническими и технологическими достижениями.

Целью статьи является анализ новых решений, которые характерны для четвертой промышленной революции, с их применением к железнодорожному транспорту. Это одновременно определяет и новые задачи, которые должна решать отраслевая наука в современный период.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Ретроспективный анализ

Первая промышленная революция происходила со второй половины XVIII века и продолжалась в течение первой половины XIX века¹, её главной технологической основой стало изобретение парового двигателя и последующая механизация производства. Важнейшей составной частью первой промышленной революции стал железнодорожный транспорт. Появился паровоз, а уже имевшиеся, в основном деревянные, рельсы довольно быстро были заменены на чугунные.

Работники железных дорог могут гордиться тем, что именно этот вид транспорта связал удобными наземными сообщениями города, что обеспечило в XIX веке не только бурный промышленный рост, но и принципиально изменило жизнь человеческого сообщества. Железные дороги при общей длине более 1 млн км на пяти континентах² и сегодня выполняют эту роль, и пока замены им не видно. А как же автомобиль? Ответ простой.

¹ Периодизация первой промышленной революции до сих пор не является однозначной. В различных источниках её начало относят и к 1740-м, и к 1760–80-м годам.

² По данным Международного союза железных дорог длина железных дорог в 2020 году составляла более 1 млн 140 тыс. км. [Электронный ресурс]: <https://uic.org/IMG/pdf/passenger-tonne-line-kilometers-timeseries-over-period-2004–2020.pdf>. Доступ 25.10.2022.

В автомобиле не повезти руду на 2000–3000 км и более. Это дорого. Да, такие массовые грузы, как сырая нефть, бензин, на дальних расстояниях в основном перемещаются по трубопроводам, потому что это дешевле. Но нефтепродуктов сотни наименований. И практически для каждого из них необходим свой трубопровод. При сравнительно небольших объёмах производства строительство трубопроводов для каждого вида продукции экономически неоправданно. Поэтому перевозка большинства из них выполняется железными дорогами. Именно возможность дешёвой перевозки на большие расстояния массовых, да и других грузов, делает железные дороги пока незаменимыми. По крайней мере, на ближайшие 100 лет и более.

Вторая промышленная революция началась ближе к концу XIX века³ с производственным освоением электричества, внедрением новых сталелитейных технологий, точного производства. Железные дороги стали переходить на электрическую тягу (электровозы). В тот же период появились двигатель внутреннего сгорания, автомобиль, самолёты, тепловозы и многое другое.

В 1960-х годах произошли новые кардинальные изменения, связанные с появлением полупроводников и компьютеров. Всё развивалось стремительно – сначала большие ЭВМ, в 1980-х годах персональные, а в 1990-х сеть Интернет. Это была третья – компьютерная или, иначе, цифровая революция.

Четвёртая промышленная революция и железные дороги

Сегодня мы находимся в начале четвертой промышленной революции. В полной мере это ещё не осознано обществом, но это так. В чём же она заключается?

Каждое новое технологическое преобразование опирается на предыдущие достижения. Четвёртая промышленная революция опирается, прежде всего, на цифровую революцию, принципиально её развивая на основе перехода к интеллектуальным системам управления, то есть должен осуществляться переход от автоматизированных рабочих мест (АРМ) к интеллектуальным рабочим местам (ИРМ). Не дожидаясь создания искусственного интеллекта, подобного интеллекту чело-

³ Периодизация её начала и окончания также неоднозначна и может охватывать различные периоды, начиная с 1870-х годов.





века, до которого пока, по нашему мнению, ещё далеко, предстоит создать множество «умных» объектов с использованием алгоритмов управления, близких к применяемым в настоящее время. На железнодорожном транспорте – это «умные» путь, локомотив, вагон, поезд, вокзал, станция, контейнерная площадка, депо, производственные и социальные здания, многочисленные «умные» объекты оперативного дежурно-диспетчерского управления [2–4]. И, наконец, это – «умная» железная дорога, «умный» департамент в аппарате РЖД и даже «умный» управленец в верхнем аппарате управления РЖД, какой бы пост он ни занимал, вплоть до самых высоких. В конце концов, большинство управляющих решений на всех уровнях должны (и, несомненно, будут) приниматься работниками не только на основе своих знаний, опыта, интуиции и просто умственных способностей конкретного человека, а, главным образом, на основе решений, разрабатываемых в оперативном режиме интеллектуальными системами управления на конкретных рабочих местах (ИРМ). Такие системы должна создать отраслевая наука, которая сегодня предлагает, как правило, системы для решения отдельных задач или только информационные системы.

Конечно, к каждому объекту или управленцу научный коллектив не приставишь, но на железной дороге созданию конкретных интеллектуальных систем управления, решающих весь большой комплекс задач на каждом индивидуальном рабочем месте, помогает массовость, масштаб и типичность решаемых в РЖД задач, а также количество однотипных объектов управления и работников одной узкой направленности. Например, количество одновременно двигающихся только грузовых поездов – более 2 тыс., локомотивов – тысячи, вагонов – более 1 млн, депо и дистанций инфраструктуры – сотни, поездных участков – до 400, станций – тысячи. То есть создаваемые типовые системы могут тиражироваться, конечно, с учётом местной специфики. В целом проблема архисложная, в её решении должны участвовать технологи (в том числе практики), математики, программисты. Но эффект от него должен быть огромный.

Во-первых, это повышение качества решений, особенно оперативных, так как будет учитываться больше факторов, чем позволяют возможности человеческого мозга. Причём

в оперативной обстановке на принятие решений могут отводиться секунды, и тогда человек использует только интуицию и накопленный опыт.

Во-вторых, исключается фактор влияния различных способностей лиц, принимающих решения (ЛПР). Интеллектуальная система во всех случаях должна обеспечить принятие оптимального или близкого к нему решения.

В-третьих, значительно расширяются зоны обслуживания одним управленцем. Высвобождающийся контингент может участвовать в исследованиях, связанных с расширением работ по созданию ИРМ. Возможно сократить продолжительность рабочего дня и дежурных смен.

Всё это даст необходимый для внедрения интеллектуальных систем экономической и социальной эффект.

Важнейшим элементом, обеспечивающим создание интеллектуальных систем и «умных» объектов, являются быстро развивающиеся и становящиеся всё более миниатюрными и дешёвыми различные датчики [5–7]. Есть возможность уже сегодня встраивать их в любые объекты, включая, например, рельс, колесо вагона, контейнер и т.п., что позволяет непрерывно следить за текущим состоянием любого объекта и его узлов. А это открывает уже совсем новые возможности для обеспечения безопасности движения и техники, личной безопасности на железных дорогах, а также сокращения затрат на техническое обслуживание.

Интересно и важно, что впервые в истории техники может быть реально поставлен и решён вопрос достижения «абсолютной» безопасности движения на железнодорожном транспорте. При этом влияние «человеческого фактора» на возникновение аварийных ситуаций исключат интеллектуальные системы управления, а контроль надёжного состояния техники обеспечат датчики на «умных» объектах.

Четвёртая промышленная революция не ограничивается только принципиально новым развитием технологий.

Появляются всё новые материалы, свойства которых ещё совсем недавно представить себе было невозможно [8–10]. И трудно предсказать, что ещё будет здесь достигнуто.

В целом, новые материалы уже становятся значительно более прочными, лёгкими, пригодными для вторичной переработки.

Новые материалы могут в разы повысить модуль упругости, статическую и динамическую прочность, износостойкость деталей, а значит, и эксплуатационный ресурс технических средств железных дорог. «Умные» материалы будут обладать памятью и способностью возвращаться к исходной форме, то есть самовосстанавливаться и самоочищаться. Например, «умные» кристаллы будут превращать давление в энергию и т.д.

Отраслевая наука должна внимательно следить за такими достижениями фундаментальной науки, чтобы своевременно приспособить их к нуждам железнодорожного транспорта. А возможно и определять реальные технические требования к созданию новых материалов, максимально учитывающих особенности железнодорожной техники. Например, необходимо, чтобы в ОАО «РЖД» выполнялась научная тематика по прогнозу использования новых материалов.

Сегодня быстро развивается и такое направление, как робототехника [11; 12] на основе повышения гибкости и адаптивности роботов, использование которых всё больше проникает во многие отрасли. Этому способствуют и упоминавшиеся миниатюрные датчики, обеспечивающие отслеживание состояния как самих объектов, так и внешней среды.

На железнодорожном транспорте имеется много объектов для использования роботов. Например, известен термин «автоматизированная сортировочная горка». Но чтобы подготовить состав к расформированию в парке прибытия сортировочной станции, бригада осмотровиков вагонов вручную расцепляет рукава воздушной магистрали вагонов поезда и проверяет их техническое состояние с «пролазкой» под каждым вагоном. А на самой горке одна из основных операций расцепки вагонов выполняется вручную составителями-расцепщиками автосцепок. Причём максимальная скорость роспуска по условию техники личной безопасности составителей ограничена величиной 7 км/ч, хотя при отсутствии такого ограничения могла бы быть в 1,5–2 раза выше. Сейчас настало время разработки действительно «автоматизированной сортировочной горки» без каких-либо ограничений скорости роспуска на основе роботизации процессов на горке, а также при техническом обслуживании составов в парке прибытия. И это даст большой эффект вслед-

ствие повышения перерабатывающей способности сортировочных горок. Нет сомнений, что роботы могут широко использоваться при ремонте пути, да и в других хозяйствах железных дорог.

Можно назвать и другие направления принципиально нового развития технологий, обеспечивающих реализацию достижений четвёртой промышленной революции. Например, беспилотные транспортные средства [13] – их применение для мониторинга инфраструктуры будет только расширяться⁴. Или 3D-, 4D-печать, технологии которых можно применять для выпуска различных деталей на месте или близко к месту их использования. Или с помощью геолокации [14] можно отслеживать расположение на железнодорожных путях конкретных работников, предупреждая их выход в опасные зоны и своевременно оповещая о приближении поездов, локомотивов и маневровых составов и т.д.

Пятая промышленная революция: попытка осмысления её содержания и прогноза сроков начала

Буквально в последние годы появились публикации, нацеленные на прогнозирование содержания и сроков начала пятой промышленной революции. Так, авторы [15] отмечают, что «пятая промышленная революция охватывает понятие гармоничного взаимодействия человека и машины с особым акцентом на благополучие многочисленных заинтересованных сторон (например, общества, компаний, работников, клиентов)», что «пятая промышленная революция отличается от четвёртой акцентом на синергетическое взаимодействие, а не на конкуренцию (и возможное замещение). То есть, если целью четвёртой промышленной революции являлось максимальное увеличение спектра и количества инновационных технологий при возможной конкуренции людей и роботов за рабочие места, то при пятой промышленной революции акцент смещается вместо этого в сторону приоритизации усилий, направленных на понимание того, в чём участники процесса лучше и как люди и технологии могут скорее сотрудничать, чем замещать друг друга». Ещё более образно, этот процесс охарактеризовал

⁴ Как беспилотники служат на железной дороге // Гудок. – 05.11.22. [Электронный ресурс]: <https://gudok.ru/content/infrastructure/1618875/>. Доступ 06.11.2022.





Таблица 1
Значения Π_i и $\Delta T_{i,i+1}$ для $\Pi_{1,2}$

Π_i	Календарный год (примерно) начала промышленных революций	Временной лаг, лет $\Delta T_{i,i+1}$
1	1805	85 для $\Pi_{1,2}$
2	1890	
3	1960	70 для $\Pi_{2,3}$
4	2010	50 для $\Pi_{3,4}$

другой автор: «Индустрия 5,0 будет касаться робототехники, которую мы помещаем внутрь себя – бионическое приращение и “Интернет человеческих тел”»⁵. Другой автор в материале, озаглавленном «В ходе пятой промышленной революции креативность должна сочетаться с технологией» отмечает, что «как и индустрия 4,0, которая делает акцент на использование искусственного интеллекта, больших данных, Интернета вещей, индустрия 5,0 включает эти системы, но инкорпорирует больше человеческого интеллекта. Основная разница между четвертой и пятой промышленной революциями в том, что пятая стремится к установлению более сбалансированных рабочих взаимоотношений между всё более «умными» технологиями и людьми. В отличие от конкуренции людей и роботов за рабочие места, чего опасались с приходом индустрии 4.0, люди теперь, как ожидается, будут сотрудничать с роботами»⁶. Другие авторы применительно, в том числе, и к учебному процессу в университетах подчёркивают, что в ходе пятой промышленной революции «...люди будут опираться на технологические достижения индустрии 4,0, которая была нацелена на автоматизацию, искусственный интеллект, большие данные, Интернет вещей, и преобразовывать их в ориентированные на человека решения самого широкого круга вызовов»⁷.

⁵ Ball, C. How the fifth industrial revolution will impact the future of work. October 24, 2022. [Электронный ресурс]: <https://www.theecomagazine.com/business/innovation-technology/fifth-industrial-revolution/>. Доступ 06.11.2022.

⁶ Sondh, K. In the 5th Industrial Revolution, creativity must meet technology. Oxford Economics, April 29, 2021. [Электронный ресурс]: <https://blog.oxfordeconomics.com/world-post-covid-in-the-5th-industrial-revolution-creativity-must-meet-technology>. Доступ 06.11.2022.

⁷ Preparing students for the fifth industrial revolution. Website of University of Technology Sydney, May 17, 2022. [Электронный ресурс]: <https://www.uts.edu.au/news/education/preparing-students-fifth-industrial-revolution>. Доступ 06.11.2022.

Описанная авторами выше концепция создания интеллектуальных рабочих мест полностью вписывается в данный подход и может стать одним из направлений пятой промышленной революции на железнодорожном транспорте. Впрочем, можно ожидать появления и таких принципиально новых и даже неожиданных технико-технологических решений, которые коренным образом изменят наше представление о характере развития новой промышленной революции.

Заглянем теперь немного в будущее и попытаемся определить срок возможного начала пятой промышленной революции, что требует выполнения анализа характера изменения продолжительности времени, проходящего от начала одной такой революции до начала следующей.

Обозначим номер промышленной революции как Π_i , при этом для первой из них $\Pi_1 = 1$ и, соответственно, $\Pi_2 = 2$, $\Pi_3 = 3$ и $\Pi_4 = 4$. Продолжительность времени между смежными промышленными революциями (временной лаг) $\Delta T_{i(i+1)}$ составит:

$$\Delta T_{i,i+1} = \Delta T_{(i+1)} - T_i, \quad (1)$$

где $T_{(i+1)}$, T_i – календарный год начала i -ой и $(i+1)$ -й промышленных революций.

В табл. 1 представлены данные о примерном (расчётном) календарном годе начала промышленных революций (исходя, прежде всего, из их влияния на технику и технологии железнодорожного транспорта) и значениях $\Delta T_{i,i+1}$.

Конечно же, приведённые в таблице календарные годы, отметим это ещё раз, являются во многом условными и ориентированы, прежде всего, на ключевые даты наибольшего эффекта, оказанного первой и второй промышленной революциями на железнодорожный транспорт. Так, 1805 год можно считать временем начала интенсивной работы по созданию паровозов. 1890 год взят как условный ориентир, некий срединный рубеж появления новых железнодорожных технологий. В 1879 году на промышленной выставке в Берлине компанией «Сименс» был продемонстрирован первый прототип электрифицированной железной дороги, тогда как первая электрифицированная железная дорога была введена в коммерческую эксплуатацию, как считается, в 1895–96 гг. в США. Влияние третьей и четвертой промышленных революций на железнодорожный транспорт можно отсчи-

тивать с самого их начала, так как влияние революционизирующих технологий проявлялось в историческом плане практически сразу же.

При этом надо отметить, что, хотя это и не показано в дальнейших расчётах, и при различной датировке начала промышленных революций как таковых, безотносительно к железнодорожному транспорту, достаточно очевиден общий тренд к сокращению временных лагов. Например, если в отсутствие общепринятых сроков начала первой и второй промышленных революций, взять гипотетически за начало первой промышленной революции 1780 год, а за начало второй 1880-й (не говоря уже о том, что начало четвёртой промышленной революции иногда относят к самому началу 2000-х годов), то лаги составят соответственно 100, 80, 50 лет.

Поэтому в определённой мере, учитывая сокращение временных лагов между промышленными революциями, синхронизацию их начала и влияния на железнодорожный транспорт, футуристический характер прогноза, его во многом можно рассматривать и в контексте начала пятой промышленной революции как таковой.

На рис. 1 приведена функция изменения ($\Delta T_{i,i+1}$) величины временного лага между смежными промышленными революциями – здесь численные значения $\Pi_{i,i+1}$ следует определять по времени начала ($i+1$)-й промышленной революции. Соответственно: $\Pi_{1,2} = \Pi_2 = 2$, $\Pi_{2,3} = \Pi_3 = 3$, $\Pi_{3,4} = \Pi_4 = 4$.

Представляя искомую функцию полиномом второй степени, получим:

$$\Delta T_{i,i+1} = 100 - 2,5 \cdot \Pi_{i,i+1} - 2,5 \cdot \Pi_{2i,i+1}. \quad (2)$$

Казалось бы, распространяя действие зависимости (2) на период после $\Pi_{3,4}$ можно определять очередные временные лаги между промышленными революциями. Но к этому вопросу надо подходить очень осторожно. Нетрудно заметить, что функция (2) может иметь нулевое и даже отрицательные значения, которые величина $\Delta T_{i,i+1}$ принимать не может.

Предполагая возможность распространения функции (2) ещё только на один период, то есть до начала пятой промышленной революции, получим $\Delta T_{4,5} = 25$ лет. Тогда для принятых условий можно ожидать начала пятой промышленной революции примерно через 25 лет после начала четвёртой, то есть в $2010 + 25 = 2035$ году.

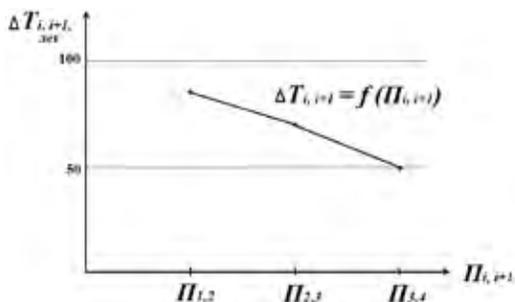


Рис. 1. Функция изменения временного лага между смежными промышленными революциями [выполнено авторами].

Безусловно, такой прогноз сроков является лишь возможным вариантом развития событий, учитывая некую условность заданных временных значений.

Что касается продолжительности действия новых технических и технологических решений каждой из промышленной революции, то она может принимать практически любые значения. Чем короче такой период, тем быстрее реализуются достижения очередной промышленной революции на объектах рассматриваемого полигона управления – всей страны или её региона, континента (Европа, Азия и др.) или даже в целом земной цивилизации. Срок реализации зависит от многих факторов – исходного технико-технологического состояния рассматриваемого полигона управления, финансового положения, системы общественного устройства и др. Но определяется он в конечном счёте инвестиционными ресурсами, которые могут быть использованы на рассматриваемом полигоне управления.

Ретроспективный и перспективный анализ технико-технологического развития железных дорог

Выполненный анализ достижений уже свершившихся промышленных революций и перспектив новых в будущем позволяет представить ретроспективу технико-технологического развития железнодорожного транспорта с момента начала его работы до настоящего времени и дать прогноз такого развития на некоторую перспективу. В табл. 2 приведены такие укрупнённые данные для промышленно развитых стран мира.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Иногда можно слышать мнение, что век железных дорог постепенно заканчивается. Это совсем не так. Если на железнодорожном транспорте будут внедряться новейшие до-



Укрупнённая характеристика системы управления и развития технико-технологического состояния железных дорог по периодам действия промышленных революций для промышленно развитых стран мира [составлено авторами]

Система управления железнодорожным транспортом	Технико-технологическое состояние основных устройств		
	Путь и путевое хозяйство	Локомотивы и вагоны	Система обеспечения движения поездов и выполнения маневровой работы
Между 1-й и 2-й промышленными революциями (примерно 1805–1890 годы)			
<ul style="list-style-type: none"> изолированное управление отдельными линиями, позднее ограниченными полигонами железных дорог 	<ul style="list-style-type: none"> чугунные рельсы (массой 25 кг/м), позднее стальные; постепенное повышение массы рельса; деревянные шпалы; стыковой путь; ремонт пути вручную 	<ul style="list-style-type: none"> паровая тяга (паровозы); двухосные и реже четырёхосные вагоны; скорость до ~60 км/ч 	<ul style="list-style-type: none"> телеграфная связь; железная система; семафоры; ручной перевод стрелок; в основном манёвры осаживанием
Между 2-й и 3-й промышленными революциями (примерно 1890–1960 годы)			
<ul style="list-style-type: none"> переход во многих странах к управлению железными дорогами на государственном уровне 	<ul style="list-style-type: none"> специальные стали для рельсов; масса рельса до 40–50 кг/м; бесстыковой путь; путевые машины для ремонта пути 	<ul style="list-style-type: none"> электровозы; тепловозы; пневматические тормоза; автосцепка; четырёхосные вагоны; специализация вагонов; скорость до ~200 км/ч 	<ul style="list-style-type: none"> автоблокировка; светофоры; радиосвязь; централизованное управление стрелками и сигналами; диспетчеризация участков; сортировочные горки
Между 3-й и 4-й промышленными революциями (примерно 1960–2010 годы)			
<ul style="list-style-type: none"> межгосударственные информационные системы с едиными базами данных; международные транспортные коридоры; мировая контейнерная сеть; специализированные пассажирские и грузовые линии 	<ul style="list-style-type: none"> повышение износостойкости рельсов; шлифовка рельсов; межремонтный ресурс до 1 млрд т; железобетонные шпалы; «бесконечные» рельсовые плети; плиточное, монолитное основание пути; автоматизация диагностики; мостовые и тоннельные переходы через морские проливы; машинизированный ремонт пути 	<ul style="list-style-type: none"> линии и сети (Япония, Европа, Китай) со скоростью до ~300–350 км/ч; асинхронный привод; электро-пневматические тормоза; глубокая специализация вагонов 	<ul style="list-style-type: none"> диспетчерские центры управления движением поездов на полигонах до 56 тыс. км; оптоволоконная связь; начало цифровизации; автоматизация сортировочных горок, параллельный роспуск составов
Прогноз после 4-й промышленной революции (примерно 2010–2035 годы)			
<ul style="list-style-type: none"> дальнейшее развитие международных транспортных коридоров; расширение контейнеризации перевозок грузов; мировая информационная сеть; глубокая кооперация работы государственных и частных железных дорог 	<ul style="list-style-type: none"> использование более лёгких и износостойких новых материалов для рельсов; доведение межремонтного ресурса до 2,5 млрд т; новые безбалластные конструкции пути; автоматизированные комплексы для содержания и ремонта пути 	<ul style="list-style-type: none"> использование новых видов топлива на локомотивах (водород и др.); широкое использование систем автоведения поездов; углубление специализации вагонного парка; авторасцепка 	<ul style="list-style-type: none"> широкое внедрение интеллектуальных рабочих мест (ИРМ) дежурно-диспетчерского аппарата; интервальное бессветофорное регулирование движения поездов; значительное увеличение количества укрупнённых диспетчерских центров
Внедрение систем контроля и диагностики технических средств железных дорог, обеспечивающие достижения «абсолютной» безопасности движения поездов.			

стижения науки, то сфера использования железнодорожного транспорта не только сохранится, но и расширится. Это доказали, например, специализированные пассажирские высокоскоростные железнодорожные магистрали – ВСМ [16; 17]. При скоростях до 300–400 км/ч на расстояниях до 1000 км и даже более время в пути между центрами крупных городов при использовании ВСМ занимает меньше времени, чем при использовании авиатранспорта. И действительно там, где

построены ВСМ, а их сегодня в мире более 59 тыс. км,⁸ пассажиры массово переходят с авиационного и автомобильного транспорта на железнодорожный, потому что скорость и комфорт поездки выше.

Так и с четвёртой промышленной революцией. Если будут осваиваться её достижения,

⁸ International Union of Railways. High-Speed Rail Atlas. 4th Edition: August 2022, P. 16. [Электронный ресурс]: <https://uic.org/IMG/pdf/uic-atlas-high-speed-2022.pdf>. Доступ 06.11.2022.

то появятся и новые возможности расширения сферы использования железных дорог. Если же на других видах транспорта уйдут вперёд в освоении её достижений, то роль железнодорожного транспорта может снизиться.

Начавшаяся четвёртая промышленная революция открывает новые перспективы и ставит принципиально новые задачи перед отраслевой наукой. Появляется широкое поле деятельности для молодых исследователей. Уже в ближайшее время следует ожидать новых неожиданных изобретений, технологий, систем управления. Задача отраслевой науки – не отстать и системно включиться в решение крупной проблемы разработки конкретных решений по использованию фундаментальных достижений четвёртой промышленной революции на железнодорожном транспорте. При этом использование результатов выполненного исследования может позволить конкретизировать направления перспективных исследований в области технико-технологического развития железнодорожного транспорта.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шваб К. Четвёртая промышленная революция / Пер. с англ. – М.: «Эксмо», 2016. – 138 с. (Top Business Awards). ISBN 978-5-699-90556-0. [Электронный ресурс]: http://ncrao.rsvpu.ru/sites/default/files/library/k_shvab_chetvertaya_promyshlennaya_revolyuciya_2016.pdf. Доступ 25.10.2022.
2. Жироухов Е. И. «Умный» грузовой поезд // Локомотив. – 2018. – № 10 (742). – С. 32–36. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35686781>. Доступ 25.10.2022.
3. Резер С. М., Лёвин С. Б., Резер А. В., Ляхова А. Ю. Цифровая железная дорога – настоящее и будущее // Транспорт: наука, техника, управление: Научный информационный сборник – 2019. – № 9. – С. 4–11. DOI: 10.36553/0236-1914-2019-09-1.
4. Сергеев Н. А. Интеллектуальные технологии управления движением поездов // Локомотив. – 2020. – № 1 (757). – С. 5–6. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41672015>. Доступ 25.10.2022.
5. Бржезовский А. М. Методы экспериментальной оценки боковых сил (обзор) // Вестник ВНИИЖТ. – 2017. – Т. 76. – № 1. – С. 10–18. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28862819>. Доступ 25.10.2022.
6. Пнёв А. Б., Степанов К. В., Жирнов А. А., Чернуцкий А. О., Кошелев К. И. Использование распределённых волоконно-оптических датчиков для беспилотного движения // Железнодорожный транспорт. – 2019. – № 12. – С. 30–31. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41531083>. Доступ 25.10.2022.

www.elibrary.ru/item.asp?id=41531083. Доступ 25.10.2022.

7. Гапанович В. А., Головин, В. И., Астрахан В. И. Методы и технические средства определения местоположения подвижного состава // Автоматика, связь, информатика. – 2019. – № 2. – С. 10–13. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36897746>. Доступ 25.10.2022.

8. Журавлёва Л. М., Никулина Ю. А., Лебедева А. К. Перспективы графеновой наноэлектроники // Мир транспорта. – 2016. – № 1 (62). – С. 72–78. [Электронный ресурс]: <https://mirtr.elpub.ru/jour/article/view/878>. Доступ 25.10.2022. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2016-14-1-8>.

9. Сергеев Н. А. Будущее – за графеновыми аккумуляторами // Локомотив. – 2018. – № 11 (743). – С. 38–39. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36357079>. Доступ 25.10.2022.

10. Новые материалы – новое качество // Управление качеством. – 2015. – № 9. – С. 52–58. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37319113>. Доступ 25.10.2022.

11. Дудоров Е. А., Кудюкин В. В., Котова К. А., Жиденко И. Г. Робототехнические комплексы для обслуживания подвижного состава // Техника железных дорог. – 2022. – № 1 (57). – С. 50–55. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48122323>. Доступ 25.10.2022.

12. Ефимова П. А. Применение роботизированных и автономных систем (РАС) в секторе технического обслуживания железных дорог // Инновационная железная дорога. Новейшие и перспективные системы обеспечения движения поездов. Сб. статей Международной науч.-практ. конференции. – СПб.: Петергоф, 2020. – С. 36–43. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43925941>. Доступ 25.10.2022.

13. Цветков В. Я., Ознамец В. В. Мониторинг транспортной инфраструктуры с использованием интеллектуальных БПЛА // Автоматика, связь, информатика. – 2020. – № 8. – С. 18–21. DOI: 10.34649/AT.2020.8.8.001.

14. Хахина А. М., Виниченко Д. Н. Системы геолокации и их влияние на безопасность на транспорте // Современная школа России. Вопросы модернизации. – 2022. – № 4–1 (41). – С. 65–69. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48611039>. Доступ 25.10.2022.

15. Noble, S. M., Mende, M., Grewal, D. [et al]. The Fifth Industrial Revolution: How Harmonious Human–Machine Collaboration is Triggering a Retail and Service [R] evolution. Journal of Retailing, 2022, Vol. 98, Iss. 2, pp. 199–208. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jretai.2022.04.003>.

16. Киселёв И. П., Назаров О. Н. Новые горизонты высокоскоростного железнодорожного транспорта // Железнодорожный транспорт. – 2019. – № 3. – С. 67–73. Окончание. Начало см. «Железнодорожный транспорт». – 2018. – № 10–12. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37058008>. Доступ 25.10.2022.

17. Киселёв И. П. Высокоскоростной железнодорожный транспорт: современные вызовы и перспективы развития // Железнодорожный транспорт. – 2013. – № 8. – С. 63–73. Окончание. Начало см. «Железнодорожный транспорт». – 2012. – № 11, № 12, 2013. – № 2, № 5, № 6. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20201931>. Доступ 25.10.2022. ●

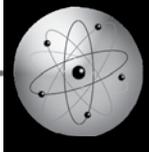
Информация об авторах:

Сотников Евгений Александрович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник АО «ВНИИЖТ», Москва, Россия, info@vniizht.ru.

Шенфельд Константин Петрович – доктор технических наук, Москва, Россия, info@vniizht.ru.

Статья поступила в редакцию 07.11.2022, одобрена после рецензирования 09.12.2022, принята к публикации 16.12.2022.





НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 665.75:621.436(470.1/.2)(98)

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-2>

Получение низкозастывающего дизельного топлива для надёжной работы техники в районах Крайнего Севера и Арктики



Елизавета ИОВЛЕВА



Михаил ЛЕБЕДЕВ



Надежда ФИЛИППОВА

Елизавета Лонгиновна Иовлева¹, Михаил Петрович Лебедев², Надежда Анатольевна Филиппова^{1,3}

¹ Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, Якутск, Россия.

² Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, Россия.

³ Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, Москва, Россия.

✉ ³ uten@bk.ru.

АННОТАЦИЯ

В Республике Саха (Якутия) функционирует множество автотранспортных средств для перевозки продовольствия и товаров первой необходимости. Как правило, по таким дорогам ездят автомобили, работающие на дизельном двигателе. Несмотря на трудности в эксплуатации дизельной техники при экстремально низких температурах, дизельная техника намного мощнее и экономичнее бензиновой. Проблемы с запуском и работой дизельного двигателя связаны с низкотемпературными свойствами дизельного топлива. Процесс переработки нефти для создания зимнего сорта дизельного топлива сопровождается большими затратами и сложной технологией, потому что необходимо удалить парафиновые углеводороды.

Поэтому сегодня актуально производство зимних сортов дизельного топлива путём компаундирования депрессорной присадки и летнего сорта топлива. При использовании присадок возникают проблемы с выбором их кон-

центрации. Те пределы, которые рекомендует производитель, в реальной жизни показывают отрицательный результат.

В Якутии отсутствует широкий спектр таких присадок, поэтому авторы остановили свой выбор для проведения экспериментов присадках Dewaxol, которые уменьшают отложения при перевозке топлива. В ходе изучения воздействия присадки Dewaxol, в составе которой были амиды и имиды моно- и дикарбоновых кислот, на дизельное топливо было рассмотрено, как при различных концентрациях присадки и температуре нагрева топлива снижается температура помутнения и улучшается седиментационная устойчивость. Метод наименьших квадратов позволил описать оптимальную концентрацию депрессорной присадки. В результате исследования выяснилось, что наилучшей седиментационной устойчивостью обладает топливо с высоким содержанием депрессорно-диспергирующей присадки.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, двигатель дизельный, зимнее дизельное топливо, депрессорно-диспергирующие присадки, температура помутнения, седиментационная устойчивость.

Для цитирования: Иовлева Е. Л., Лебедев М. П., Филиппова Н. А. Получение низкозастывающего дизельного топлива для надёжной работы техники в районах Крайнего Севера и Арктики // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 6 (103). С. 14–17. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-2>.

Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the article in English is published in the second part of the issue.

ВВЕДЕНИЕ

Республика Саха (Якутия) расположена на огромной территории Северо-Востока Российской Федерации. Многие населённые пункты находятся в районе Крайнего Севера. Сложная транспортно-логистическая система региона предполагает доставку жизненно необходимых грузов и товаров первой необходимости летом – речным транспортом в период навигации, а зимой – по автозимникам.

Большие грузовые автомобили, специальная дорожно-строительная техника снабжены двигателем внутреннего сгорания, работающим на дизельном топливе, и именно дизельную технику эксплуатируют в районах Крайнего Севера по бездорожью в силу её мощной и легко управляемой тяги [1].

Использование некачественного дизельного топлива влияет на работоспособность техники на Севере. Например, неудовлетворительное качество топлива затрудняет работу топливного насоса высокого давления, а также существенно повышает расход топлива. Поэтому возникает задача улучшения эксплуатационных качеств дизельного топлива в холодный период времени [2].

Запуск дизельного двигателя зимой осложняется отрицательными температурами, которые влияют на застывание и помутнение топлива [3]. Низкотемпературные свойства дизельного топлива характеризуются образованием и ростом кристаллов N-парафина, что влияет на работу фильтрующих элементов, топливного провода

и топливного бака. Как показывает мировой опыт, самым экономически целесообразным и менее энергоёмким является применение депрессорных присадок, использование которых отображено в работах авторов [4–15].

Самым важным моментом в использовании присадок является определение их оптимальной концентрации.

Целью исследования, результаты которого изложены в статье, являлось определение оптимальной концентрации депрессорной присадки. В качестве примера присадки, уменьшающей отложения при перевозке топлива в цистернах была выбрана присадка Dewaxol 7801.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Материалы и методология

В состав присадки Dewaxol 7801 входят сополимеры и поверхностно-активные вещества (ПАВ). Концентрации присадки Dewaxol 7801 для исследования были взяты в следующем объёме: 0,05 % масс., 0,1 % масс., 0,2 % масс. Технология компаундирования присадки с топливом была следующей: топливо нагревалось до 40°, 50°, 60°C, присадка до 30°C, компоненты смешивались в миксере с чашей.

Всего было заготовлено девять образцов:

- Образец № 1. Концентрация присадки 0,05 % масс., температура ДТ 40°C.
- Образец № 2. Концентрация присадки 0,1 % масс., температура ДТ 40°C.
- Образец № 3. Концентрация присадки 0,2 % масс., температура ДТ 40°C.

Таблица 1

Температура помутнения дизельного топлива с депрессорно-диспергирующей присадкой Dewaxol 7801 при температурах нагрева топлива до 40°C, 50°C, 60°C [выполнено авторами]

Концентрация присадки, % масс.	Температура помутнения топлива, °C		
	40°C	50°C	60°C
0,05	-6		
0,1	-8		
0,2	-5		
0,05		-9	
0,1		-10	
0,2		-7	
0,05			-10
0,1			-12
0,2			-11



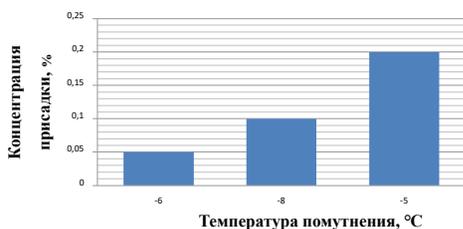


Рис. 1. График корреляционной зависимости температуры помутнения от концентрации ДДП Dewaxol 7801 образцов 1, 2 и 3 [выполнено авторами].

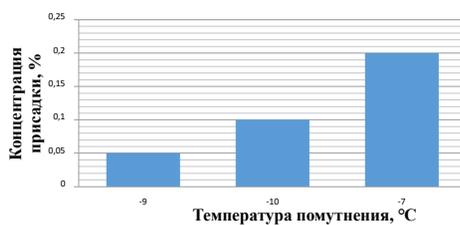


Рис. 2. График корреляционной зависимости температуры помутнения от концентрации ДДП Dewaxol 7801 образцов 4, 5 и 6 [выполнено авторами].

- Образец № 4. Концентрация присадки 0,05 % масс., температура ДТ 50°C.
- Образец № 5. Концентрация присадки 0,1 % масс., температура ДТ 50°C.
- Образец № 6. Концентрация присадки 0,2 % масс., температура ДТ 50°C.
- Образец № 7. Концентрация присадки 0,05 % масс., температура ДТ 60°C.
- Образец № 8. Концентрация присадки 0,1 % масс., температура ДТ 60°C
- Образец № 9. Концентрация присадки 0,2 % масс., температура ДТ 60°C.

Седиментацию измеряли по методу одновременного определения седиментационной устойчивости.

Опытная часть исследования

Для опытной части исследования было взято летнее дизельное топливо, которое состояло из 25 % парафиновых, 50 % нафтеновых, 15 % ароматических углеродов.

Итоги испытаний проб дизельного топлива с ДДП Dewaxol 7801 приведены в табл. 1.

Графики 1–3 показывают, что максимальный депрессорный эффект температуры помутнения достигается при 0,1 % масс. ДДП Dewaxol 7801 в дизельном топливе, причём интересно, что такая реакция возникает во всех нагретых образцах. Но особенно понизилась температура помутнения при нагреве дизельного топлива до 60°C.

При определении седиментационной устойчивости при длительном хранении образцы топлива с концентрацией присадки в 0,05 % масс. и 0,1 % масс. показали расслоение топлива. Причём температура нагрева топлива на устойчивость не влияла. Самую лучшую седиментационную устойчивость показали образцы топлива с концентрацией присадки с 0,2 % масс.

ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что при увеличении концентрации присадки, улучшается седиментационная устойчивость. Причина такого поведения заключается в том, что диспергатор позволяет Н-парафинам находиться во взвешенном состоянии.

Во время исследования просматривалась закономерность: при увеличении температуры нагрева топлива, максимально снижалась температура помутнения. Объяснить такое поведение, можно принципом действия присадки. Молекула депрессора воспрепятствует в сближении, кристаллизации и увеличении размеров Н-парафинов [6]. В подогретом топливе парафины полностью растворились и поэтому получили максимальный депрессорный эффект.

Также это можно объяснить тем, что высокая плотность и вязкость депрессорно-диспергирующей присадки в хорошо прогретом топливе снизилась, несмотря на то, что и присадка была нагрета до 30°C, и вследствие чего, получили хорошее компаундирование присадки с топливом.

Поэтому максимально снизилась температура помутнения при температуре нагрева топлива 60°C, когда парафины максимально были растворены.

Молекула диспергатора содержит длинную углеводородную функциональную группу, которая на поверхности только появившихся кристаллов образует электрический заряд, впоследствии эти молекулы отталкиваются друг от друга.

ВЫВОДЫ

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что максимальный депрессорный эффект достигается при температуре нагрева

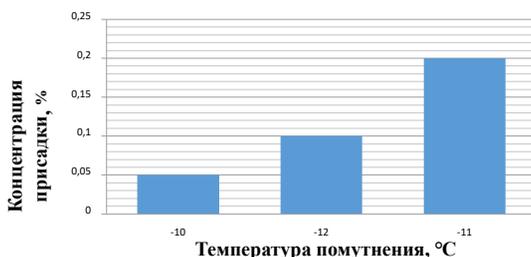


Рис. 3. График корреляционной зависимости температуры помутнения от концентрации ДДП Dewaxol 7801 образцов 7, 8 и 9 [выполнено авторами].

топлива 60°C, концентрация присадки, при которой можно получить понижение температуры помутнения, – 0,1 % масс., седиментационная устойчивость топлива достигается при высокой концентрации присадки в 0,2 % масс.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Iovleva, E. L., Kirikova, N. V., Borisov, A. A., Stepanov, P. A. The impact of the quality of diesel fuel on the efficiency of engines. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019, Vol. 632 (1), 012002. DOI: 10.1088/1757-899X/632/1/012002.

2. Iovleva, E. L. Use of a depressant-dispersant additive during storage of diesel fuel. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 990, 2022, 012003, 6 p. DOI: 10.1088/1755-1315/990/1/012003.

3. Ramazanova, Y. B. Depressor additive for oil pumping. Chemical Problems, 2021, Iss. 3 (19), pp. 143–149. DOI: 10.32737/2221-8688-2021-3-143-149.

4. Кондрашева Н. К., Еремеева А. М., Нелькенбаум К. С. Разработка отечественной технологии получения высококачественного экологически чистого дизельного топлива // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2018. – Т. 61. – Вып. 9–10. – С. 76–82. DOI: 10.6060/ivkkt.20186109-10.5651.

5. Кондрашева Н. К., Кондрашев Д. О., Еремеева А. М. Получение и исследование биодизельного топлива на основе растительного сырья // Академический журнал Западной Сибири. – 2014. – Т. 10. – № 2 (51). – С. 24–25. [Электронный ресурс]: <https://s2.siteapi.org/2272b53cc9c3a55/docs/cxsit1q03sgso0gc8oko8s4w00ksog>. Доступ 24.10.2022.

6. Еремеева А. М. Разработка и исследование экологически чистого дизельного топлива с присадками и биодобавками // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 11. – С. 1861–1865. [Электронный ресурс]: <http://e-koncept.ru/2016/86399.htm>. Доступ 24.10.2022.

7. Litvinets, I. V., Prozorova, I. V., Yudina, N. V., Kazantsev, O. A., Sivokhin, A. P. Effect of ammonium-containing polyalkyl acrylate on the rheological properties of crude oils with different ratio of resins and waxes. Journal

of Petroleum Science and Engineering, 2016, Vol. 146, pp. 96–102. DOI: 10.1016/j.petrol.2016.04.026.

8. Mustafaev, N. P., Efendieva, K. K., Akchurina, T. K. Synthesis of 2-Sulfanylidene-1,3-thiazolidin-4-one Derivatives. Russian Journal of Organic Chemistry, 2017, Vol. 53 (12), pp. 1860–1863. DOI: 10.1134/S1070428017120132.

9. Novotorzhina, N. N., Sujayev, A. R., Gahramanova, G. A., Safarova, M. R., Ismailov, I. P., Musayeva, M. A., Mustafayeva, Y. S. Unsymmetrical disulphides as additives to transmission oils. Kimya Problemleri, 2022, Vol. 20 (3), pp. 264–270. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49367714>. Доступ 24.10.2022.

10. Wahlen, C., Blankenburg, J., Von Tiedemann, P., Ewald, J., Sajkiewicz, P., Müller, A. H., Frey, H. Tapered multiblock copolymers based on farnesene and styrene: impact of biobased polydiene architectures on material properties. Macromolecules, 2020, Vol. 53 (23), pp. 10397–10408. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.macromol.0c02118>.

11. Iovleva, E. L. Reducing Diesel Fuel Depression Using a Depressor-Dispersing Additive. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, Vol. 666 (4), 042019. DOI: 10.1088/1755-1315/666/4/042019.

12. Loizzo, M. R., Tundis, R., Conforti, F., Saab, A. M., Statti, G. A., Menichini, F. Comparative chemical composition, antioxidant and hypoglycaemic activities of Juniperus oxycedrus. Food Chemistry, 2007, Vol. 105 (2), pp. 572–578. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.04.015.

13. Жирнов Б. С., Хайрудинов И. Р., Сидрачева И. И. Подбор катализатора для проведения бутанолиза триглицеридов рапсового масла. Нефтепереработка и нефтехимия. – 2009. – № 1. – С. 40–42.

14. Иовлева Е. Л., Лебедев М. П. Определение концентрации депрессорной присадки в составе дизельного топлива, полученного из талаконской нефти // Химическая технология. – 2016. – Т. 17. – № 6. – С. 251–255. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26189875> [ограниченный доступ].

15. Иовлева Е. Л., Захарова С. С., Попова Л. И. Перспективы улучшения низкотемпературных характеристик фракций дизельного топлива // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 2. – № 2 (71). – С. 116–120. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20313133>. Доступ 17.10.2022. ●

Информация об авторах:

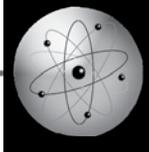
Иовлева Елизавета Лонгиновна – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой машиноведения Северо-Восточного федерального университета имени М. К. Аммосова, Якутск, Россия, elizabetha-iovleva@yandex.ru.

Лебедев Михаил Петрович – доктор технических наук, член-корреспондент РАН, генеральный директор Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ЯНЦ СО РАН), Якутск, Россия, t.p.lebedev@prez.usn.ru.

Филиппова Надежда Анатольевна – доктор технических наук, профессор Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета, Москва; профессор Северо-Восточного федерального университета имени М. К. Аммосова, Якутск, Россия, uten@bk.ru.

Статья поступила в редакцию 24.10.2022, одобрена после рецензирования 05.12.2022, принята к публикации 12.12.2022.





НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 625.143.482.625.171

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-3>

Дополнительные критерии изменения кривизны и температуры рельсовых плетей при контроле за предотказным состоянием бесстыкового пути в плане



Виталий Владимирович Атапин

Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС),
Самара, Россия.

✉ atapin@samgups.ru

Виталий АТАПИН

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются предложения по применению нового способа контроля за состоянием бесстыкового пути.

Основными факторами, оказывающими наибольшее влияние на состояние бесстыкового пути, являются угон рельсовых плетей и состояние бесстыкового пути в плане. Данная группа факторов описывает температурно-напряжённый характер работы бесстыкового пути. В качестве факторов, определяющих удерживающие свойства, оцениваются состояние рельсовых скреплений, ширины плеча балластной призмы, наличие отрясённых и неподбитых шпал и заполняемость шпальных ящиков.

Совокупность указанных факторов даёт возможность выявлять комплексный коэффициент, позволяющий с высокой степенью достоверности оценивать предотказное состояние бесстыкового пути – риск потери устойчивости бесстыкового пути, степень опасности нарушения безопасности движения поездов.

С целью оценки состояния бесстыкового пути и степени его ухудшения, в работе представлены оценочные критерии. Они позволяют получить комплексное представление

о состоянии любого участка бесстыкового пути на основе результатов его проверки диагностическими средствами и формировать перечень рекомендаций для устранения выявленных нарушений.

Вместе с тем в работе выделены недостатки существующей методики оценки состояния бесстыкового пути в плане, которая основана на анализе изменения кривизны рельсовых плетей в плане во времени. Проведённый автором ретроспективный анализ, показывает, что имеются случаи резкого изменения состояния бесстыкового пути в плане, которые в настоящий момент не учитываются существующими критериями оценки. С целью повышения выявляемости таких участков бесстыкового пути предлагается в существующем алгоритме использовать дополнительные критерии оценки, связанные с изменениями кривизны рельсовых плетей и температуры рельсов, позволяющие своевременно определять места резкого изменения состояния в плане.

В последующих исследованиях требуется установить взаимосвязь температуры рельсов с местами резкого изменения состояния бесстыкового пути в плане.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, бесстыковой путь, предотказное состояние, кривизна, КАПС БП, температурные напряжения, матрица ранжирования, коэффициент.

Для цитирования: Атапин В. В. Дополнительные критерии изменения кривизны и температуры рельсовых плетей при контроле за предотказным состоянием бесстыкового пути в плане // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 6 (103). С. 18–26. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-3>.

Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the article in English is published in the second part of the issue.

ВВЕДЕНИЕ

В мировой практике эксплуатации железных дорог конструкция бесстыкового пути считается одной из передовых конструкций верхнего строения пути, что подтверждается наработанным опытом и её достоинствами. В существующих реалиях она может работать практически в любых эксплуатационных и природно-климатических условиях¹.

Данные преимущества конструкции бесстыкового пути позволили обеспечить постоянный рост полигона укладки рельсовых плетей по сравнению со звеньевой конструкцией пути. Расширение полигона укладки бесстыкового пути связано с осуществлением следующих задач²:

- совершенствование условий работы железнодорожного пути и подвижного состава;
- повышение эксплуатационного ресурса конструкции железнодорожного пути и усиление надёжности её работы;
- улучшение технико-экономических показателей работы железнодорожного пути;
- обеспечение плавности хода подвижного состава;
- уменьшение количества ударно-динамических зон, что способствует улучшению работы систем автоматической централизации и блокировки.

На сегодняшний день протяжённость уложенного бесстыкового пути в России составляет более 75 % от общей длины главных путей. Данный факт говорит о том, что практически вся сеть ОАО «РЖД» перешла на эксплуатацию данной конструкции.

Многие постулаты и допущения, которые были приняты ещё со времён первой укладки и начальной эксплуатации бесстыкового пути, используются и в настоящее время. Как правило, данные принципы базировались на небольшом опыте использования бесстыкового

пути, а также на недостаточных сведениях и устаревших подходах, связанных с его техническим обслуживанием. Один из главных недостатков, присущих содержанию бесстыкового пути, проявляется в части диагностики его фактического состояния. В результате этого не в полной мере учитываются все особенности данной конструкции, особенно связанные с температурным режимом.

Как известно, при изменении температуры рельсовых плетей в процессе эксплуатации, помимо отказов, причиной которых являются состояние геометрии рельсовой колеи, а также образующиеся дефекты в элементах верхнего строения пути, есть отказы, которые возникают по причине некачественного содержания и диагностирования состояния бесстыкового пути. Примеры таких отказов представлены ниже: «выброс пути», «угон в плане», «сдвиг пути» – такие отказы, как правило, классифицируются как опасные и связаны с потерей устойчивости рельсошпальной решетки. Кроме того, могут появляться и отказы, которые связаны с образованием дефектов рельсов – «излом рельсовой плети».

В связи с этим, целью данной работы является разработка и совершенствование способа определения состояния бесстыкового пути. Среди основных методов исследования используются методы сравнения, прямых измерений, наблюдения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

История развития способов определения устойчивости бесстыкового пути

Проведённый анализ показывает, что начальные способы определения устойчивости бесстыкового пути появились ещё в XIX веке. На тот момент все разрабатываемые способы были направлены на исследование определённого этапа работы конструкции, большинство из них проводились опытным путём.

Отправной точкой теоретических исследований устойчивости бесстыкового пути считают 1913 год [1]. Впоследствии стали развиваться уже существующие и появляться новые способы определения устойчивости бесстыкового пути, в большинстве своём основанные на расчёте величин критических усилий в рельсовых плетях:

- энергетический метод;
- метод дифференциальных уравнений равновесия;
- метод имитационного моделирования.

¹ Инструкция по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути, утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 14 декабря 2016 г. № 2544/р. [Электронный ресурс]: <https://tgarantproekt.ru/Documents/2544p%20Инструкция%20по%20устройству%2C%20укладке%2C%20содержанию%20и%20ремонту%20бесстыкового%20пути.doc>. Доступ 27.12.2022.

² Стратегия научно-технического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года (Белая книга), утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 17 апреля 2018 г. № 769/р. [Электронный ресурс]: http://cipi.samgtu.ru/sites/cipi.samgtu.ru/files/belaya_kniga.pdf. Доступ 27.12.2022.



Одним из наиболее современных способов определения состояния бесстыкового пути является метод конечных элементов (МКЭ), который, несмотря на сложность создания модели, имеет высокую точность результатов и возможность их графического отображения [2].

Следует отметить, что за последние годы особую значимость приобретает совершенно новый метод оценки устойчивости бесстыкового пути, получаемой по данным средств диагностики. Он основан на анализе изменения предотказного состояния бесстыкового пути [3].

Началом зарождения данного метода в России стали совместно проводимые работы специалистов НПЦ ИНФОТРАНС и АО «ВНИИЖТ», по результатам которых первоначально была создана для опытного применения «Методика контроля и оценки состояния бесстыкового пути на основе данных, получаемых по результатам проходов путеизмерительных средств, оборудованных подсистемами контроля устойчивости бесстыкового пути» (далее – Методика)³.

По итогам практической апробации была осуществлена её доработка, которая привела к переутверждению и введению в 2017 году Методики в действие на постоянной основе (в последующем в неё вносились изменения)⁴. Для её использования было разработано программное обеспечение – «Комплексный анализ предотказного состояния бесстыкового пути» (КАПС БП), которое было установлено во всех секторах бесстыкового пути дирекций инфраструктуры [4].

³ Методика контроля и оценки состояния бесстыкового пути на основе данных, получаемых по результатам проходов путеизмерительных средств, оборудованных подсистемами контроля устойчивости бесстыкового пути», утверждённая распоряжением ОАО «РЖД» № 3120р от 25 декабря 2014 г.

⁴ Методика контроля и оценки состояния бесстыкового пути на основе данных, получаемых по результатам проходов путеизмерительных средств, оборудованных подсистемами контроля устойчивости бесстыкового пути, утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 17 октября 2017 г. № 2115/р. (в ред. Распоряжения ОАО «РЖД» от 09.07.2020 № 1463/р). [Электронный ресурс]: <https://urizdat.ru/books/zheleznodorozhnyy-transport/put-i-putevye-hozyaystvo-cp-cdrp/o-sovershenstvovaniisistemy-kontrolya-i-ocenki-sostoyaniya-besstykovogo-puti-na-osnove-dannyh-poluchaemyh-po-rezultatam-prohodov-puteizmeritelnyh-sredstv-oborudovannyh-podsystemami-kontrolya-ustoychivosti-besstykovogo-puti.-rasporyazhenie-oao-rzhd-ot-17.10.2017-2115r-v-redakcii-rasporyazheniya-oao-.html> [ограниченный доступ].

Существующий алгоритм оценки состояния бесстыкового пути в плане

Основой работы программы КАПС БП стали данные, регулярно поступающие со средств диагностики и накапливающиеся в РЦДМ, службах пути, информационно-аналитических базах. Однако среди всего многообразия получаемых данных для решения задачи достоверного определения проблемных участков бесстыкового пути оказалось необходимым выделить наиболее значимые факторы для проведения последующей оценки. Классификация факторов была выполнена по следующему принципу:

- определение и оценка температурных напряжений в рельсовых плетях;
- определение и оценка удерживающих свойств рельсошпальной решётки в виде факторов, которые, как правило, пытаются удержать рельсошпальную решётку и при наличии температурных напряжений дают дополнительное ослабление.

К первой группе факторов относятся: угон рельсовых плетей и состояние бесстыкового пути в плане. Косвенно, не в прямую, посредством анализа и оценки данных факторов, согласно Методике, осуществляется определение участков бесстыкового пути, имеющих температурные напряжения. Для проведения анализа и формирования коэффициентов, характеризующих угон рельсовых плетей ($K_{уг}$) и состояние бесстыкового пути в плане ($K_{пл}$), используются исходные параметры: подвижки на «маячных» шпалах и кривизна правой и левой рельсовой нити (табл. 1).

Во вторую группу факторов входят те составляющие, которые удерживают рельсошпальную решётку в продольном и поперечном направлениях. К их числу относятся (табл. 1):

- рельсовые скрепления, состояние которых определяется на основе анализа изменения нестабильного шаблона;
- ширина плеча балластной призмы, которая контролируется по данным геометрических размеров балластной призмы [5];
- процент заполняемости шпальных ящиков, определяемый по наличию балласта в межшпальном пространстве;
- наличие неподбитых и отрясенных шпал, диагностируемое посредством расчёта зазоров в подшпальном пространстве по данным натуральных неровностей в вертикальной плоскости.

Факторы, оцениваемые в КАПС БП [разработано автором]

Факторы, характеризующие наличие температурных напряжений в рельсовых плетях		Факторы, характеризующие удерживающие свойства рельсошпальной решётки	
Факторы	Исходный параметр оценки	Факторы	Исходный параметр оценки
1. Состояние бесстыкового пути в плане	Кривизна правой и левой рельсовой плети	1. Удерживающие свойства рельсовых скреплений	Нестабильный шаблон
2. Угон рельсовых плетей	Подвижки на «маячных» шпалах	2. Наличие неподбитых и отрясанных шпал	Натурные неровности в вертикальной плоскости
		3. Оценка ширины плеча балластной призмы	Геометрические размеры ширины плеча балластной призмы
		4. Заполняемость шпальных ящиков	Процент заполняемости шпальных ящиков



Рис. 1. Алгоритм определения комплексного коэффициента предотказного состояния бесстыкового пути [разработано автором].

Основными «техномаркерами» проблем, которые показывают реализацию температурных сил в перемещениях рельсовой плети, являются факторы, относящиеся к первой группе. В случае их возникновения и роста значений с течением времени, имеется угроза накопления температурных напряжений.

Сочетание данных показателей с нарушениями, выявленными при диагностике второй группы факторов, особенно на небольшом (6–9 м) участке, может привести к нарушению поперечной устойчивости бесстыкового пути и последующему отказу [6–7].

Результатом анализа и оценки всех факторов является определение комплексного коэффициента (K_k), который показывает состояние рельсошпальной решётки с точки зрения образования отказа по причине потери устойчивости (рис. 1).

При определении комплексного коэффициента предотказного состояния бесстыково-

го пути для факторов, которые характеризуют удерживающие свойства, учитываются масштабный и весовые показатели. Формула для определения комплексного коэффициента имеет следующий вид:

$$K_k = \max(K_{ул}; K_{пл}) + k_{маш.} (k_{в.скр} \cdot K_{скр} + k_{в.бал.пр.} \cdot K_{бал.пр.} + k_{в.неп.шп.} \cdot K_{неп.шп.} + k_{в.зап.ящ.} \cdot K_{зап.ящ.}), \quad (1)$$

где $k_{маш.}$ – масштабный коэффициент, принимается равным 0,25;

$k_{в.скр.}$, $k_{в.бал.пр.}$, $k_{в.неп.шп.}$, $k_{в.зап.ящ.}$ – весовые коэффициенты, учитывающие долю влияния каждого из факторов, относящихся ко второй группе, на общий комплексный коэффициент. Принимаются $k_{в.скр.} = 0,1$; $k_{в.бал.пр.} = 0,4$; $k_{в.неп.шп.} = 0,3$; $k_{в.зап.ящ.} = 0,2$.

Помимо величины комплексного коэффициента, в ПО КАПС БП также определяется значение вероятности выброса V_2 , которое характеризует риск возникновения отказа бесстыкового пути по второму критическому состоянию.



Матрица ранжирования пикетов по результатам комплексной оценки предотказного состояния пути

Проверка: Рабочая

Состояние пути	Г<30	30≤Г<50	50≤Г<70	Г≥70
Недопустимое				
Предотказное	1			
Нежелательное	16	1		
Допустимое	50	8		
Не прин. в расчет	2081	31		
Всего пикетов	2148	40		

Рис. 2. Фрагмент примера матрицы ранжирования по K_k .

Оценка данных показателей осуществляется на основе пороговых значений, приведённых в таблице состояний по показателям V_2 и K_k (табл. 2). При оценке анализируется состояние каждого из участков бесстыкового пути и формируется итоговая попикетная матрица ранжирования (рис. 2). В ней отражается общая интегральная оценка заданного структурного подразделения с указанием количества пикетов в том или ином состоянии [8].

На пикетах с недопустимым состоянием движение поездов закрывается.

В матрице ранжирования в зависимости от состояния комплексного коэффициента приводится подробная характеристика по каждому из пикетов, включая данные по всем

показателям, а также информацию о принадлежности пикета, план пути, грузонапряжённость, скорость движения (рис. 2). На основе данных, которые имеются в матрице ранжирования, формируются необходимые мероприятия, цель проведения которых восстановление состояния бесстыкового пути и обеспечение его устойчивости.

Как уже отмечалось выше, одним из ключевых факторов, который играет основную роль в процессе мониторинга за температурно-напряжённым состоянием бесстыкового пути, является определение динамики изменения рельсовых плетей в плане.

Согласно существующему алгоритму, заложенному в программу КАПС БП, контроль

Таблица 2

Оценочные критерии значений V_2 и K_k [4]

Наименование критерия	Значение показателя						
	не принимаемое в расчёт	допустимое	нежелательное		предотказное*		недопустимое
			$V_{уст.} = 140$ км/ч и менее	$V_{уст.} =$ более 140 км/ч	$V_{уст.} = 140$ км/ч и менее	$V_{уст.} =$ более 140 км/ч	
Комплексный коэффициент предотказного состояния бесстыкового пути, K_k	$K_k < 1,5$	$1,5 \leq K_k < 2$	$2 \leq K_k < 3$	$2 \leq K_k < 2,5$	$3 \leq K_k < 5$	$2,5 \leq K_k < 5$	$K_k \geq 5$
Вероятность выброса сечения бесстыкового пути, $V_2, \%$	$V_2 < 5$ менее 5	$5 \leq V_2 < 10$	$10 \leq V_2 < 18$	$10 \leq V_2 < 14$	$18 \leq V_2 < 34$	$14 \leq V_2 < 34$	$V_2 \geq 34$

*Примечание: при наступлении предотказного состояния:

- для пикетов, имеющих значения $3 \leq K_k < 4$, скорость движения ограничивается до 60 км/ч;
- для линий с установленной скоростью движения более 140 км/ч для пикетов, имеющих значения $2,5 \leq K_k < 3$, скорость движения ограничивается до 120 км/ч;
- для пикетов, имеющих значения $4 \leq K_k < 5$, скорость движения ограничивается до 25 км/ч.

состояния рельсовых плетей в плане осуществляется по изменениям их кривизны, которую измеряют современные средства диагностики [9].

Сущность данного алгоритма (рис. 3) заключается в следующем:

1. После измерения кривизны рельсовых плетей в плане в программе КАПС БП происходит формирование кривизны в диапазоне 6–9 м, т.е. в «выбросоопасном» диапазоне.

2. Далее осуществляется определение локального участка, символизирующего наличие температурных напряжений посредством фиксации роста кривизны по каждой рельсовой нити отдельно на выбранном участке оценки. В качестве участка оценки, как правило, принимается пикет (далее – ПК) или рельсовая плеть [3].

3. Затем выполняется расчёт температурного эквивалента, характеризующего изменение состояния бесстыкового пути в плане ($\Delta t_{пл.}$), и формирование интенсивности изменения данного температурного эквивалента ($\Delta \Delta t_{пл.(\lambda)}$), как разница между значением, полученным в текущую проверку ($\Delta t_{пл.(тек.)}$), и минимальным ($\Delta t_{пл.(мин)}$) за последние полгода наблюдения.

4. Осуществляются определение и оценка коэффициента предотказного состояния, показывающего устойчивость бесстыкового пути в плане ($K_{пл.}$). Оценка коэффициента $K_{пл.}$ происходит согласно действующим критериям, которые приведены в табл. 2.

Примечательным является тот факт, что действие ограничений скорости движения и проведение работ по разрядке температурных напряжений или их регулировке на обнаруженных и ближайших к ним пикетах, а также выполнение других сопутствующих работ начинается при выявлении комплексного коэффициента $K_k \geq 3$.

Как уже отмечалось ранее, высокий вклад в формирование неблагоприятного комплексного коэффициента вносят факторы, относящиеся к первой группе – угон рельсовых плетей и состояние бесстыкового пути в плане [10; 11]. При наличии информации по обоим показателям для определения комплексного коэффициента учитывается тот, который характеризует худшее состояние.

В случае с коэффициентом $K_{пл.}$, образование комплексного коэффициента, символизирующего предотказное (3 и более при $V_{уст.} =$

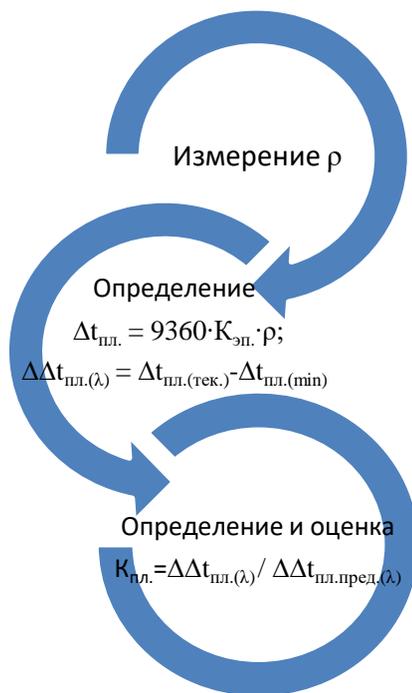


Рис. 3. Алгоритм определения состояния бесстыкового пути в плане [разработано автором].

140 км/ч и менее и 2,5 и более при $V_{уст.} =$ более 140 км/ч) или недопустимое состояние (5 и более), возможно при следующих сценариях.

Сценарий № 1. Состояние бесстыкового пути в плане, то есть изменение кривизны рельсовых плетей в диапазоне 6–9 м, происходит достаточно резко (в рамках двух соседних проверок) (рис. 4а).

Сценарий № 2. Состояние бесстыкового пути в плане, то есть изменение кривизны рельсовых плетей в диапазоне 6–9 м, происходит плавно на протяжении длительного периода времени (рис. 4б).

Учёт дополнительных факторов

Существующий алгоритм оценки состояния бесстыкового пути в плане, реализованный в ПО КАПС БП, в рассмотренных сценариях не всегда учитывает случаи резкого изменения кривизны в плане [12]. Наглядными являются примеры, когда изначальная величина коэффициента $K_{пл.}$ имеет достаточно малые значения (как правило, менее 0,5), а затем происходит резкий рост, приводящий к увеличению коэффициента до значений, меньших чем у предотказного состояния (менее 3 или 2,5, в зависимости от установленной скорости). Проявление данного роста



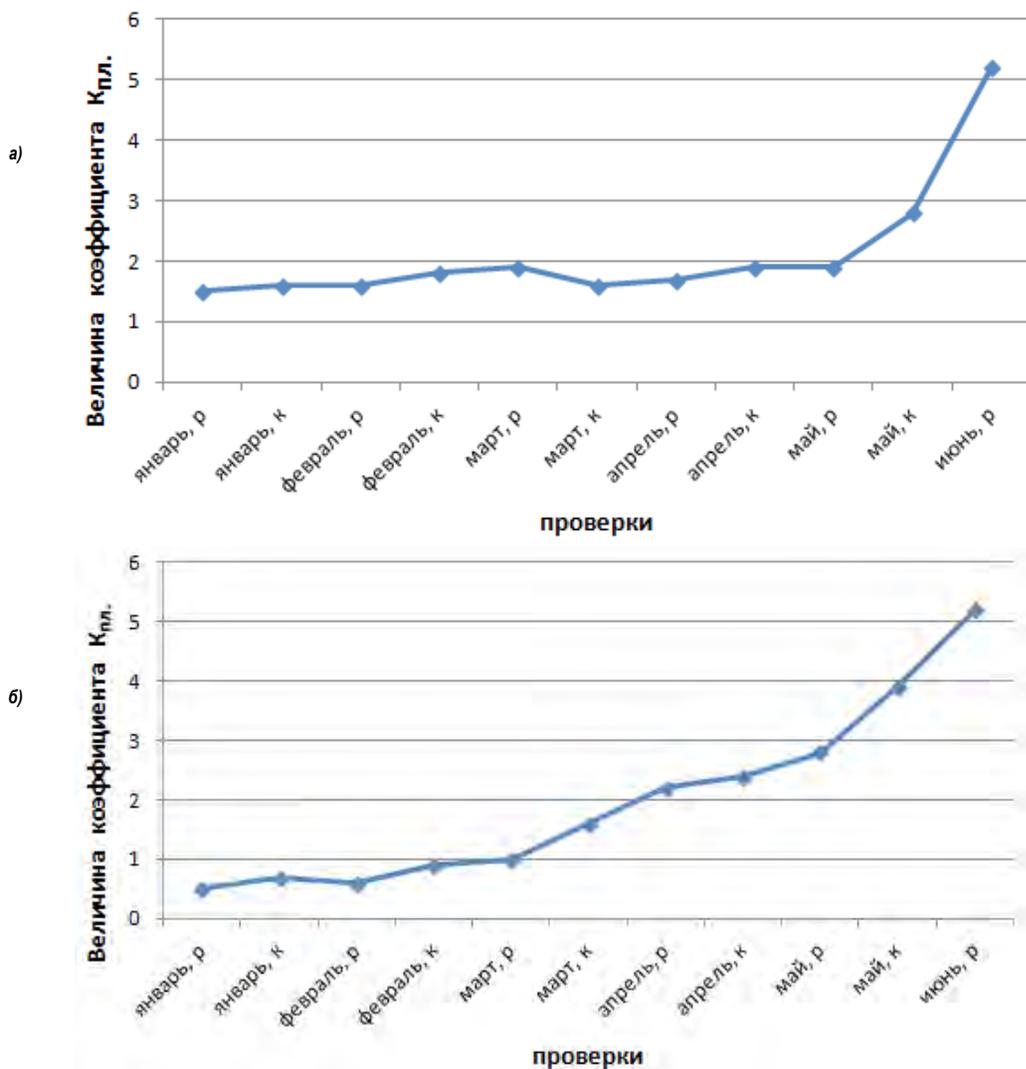


Рис. 4. Сценарии развития состояния бесстыкового пути в плане:
а – сценарий № 1; б – сценарий № 2 [разработано автором].

наглядно отображается на графике кривизны рельсовых плетей, полученной в диапазоне 6–9 м (рис. 5).

Например, при исходной величине коэффициента $K_{пл.} = 0,2$ (для показанного на рис. 6 графика – в мае при контрольной проверке) величина коэффициента в следующую проверку изменилась до $K_{пл.} = 2,8$ (июнь, рабочая проверка). Согласно действующим критериям оценки, величина $K_{пл.} = 2,8$ (при $V_{уст.} < 140$ км/ч) соответствует нежелательному, а не предтказному состоянию и не требует ограничения скорости, а также проведения работ, связанных с разрядкой температурных напряжений или их регулировкой.

Однако само изменение, равное $\Delta K_{пл.} = K_{пл.(тек.пр.)} - K_{пл.(пред.пр.)} = 2,8 - 0,2 = 2,6$, является существенным и отличается тем, что произо-

шло за короткий промежуток времени, поэтому представляет опасность дальнейшего роста, а также перехода в состояние, которое соответствует предвыбросному, особенно в период повышения температур (рис. 6).

Проведённый на первоначальном этапе статистический анализ отдельных случаев, которые аналогичны вышеприведённому примеру, показывает, что данные изменения, действительно, являются опасными, требуют дополнительного контроля и могут приводить к нарушению безопасности движения поездов [13].

ПРЕДЛОЖЕНИЯ И ВЫВОДЫ

С целью повышения выявляемости таких участков бесстыкового пути предлагается осуществлять определение мест резкого изменения кривизны рельсовых плетей в плане

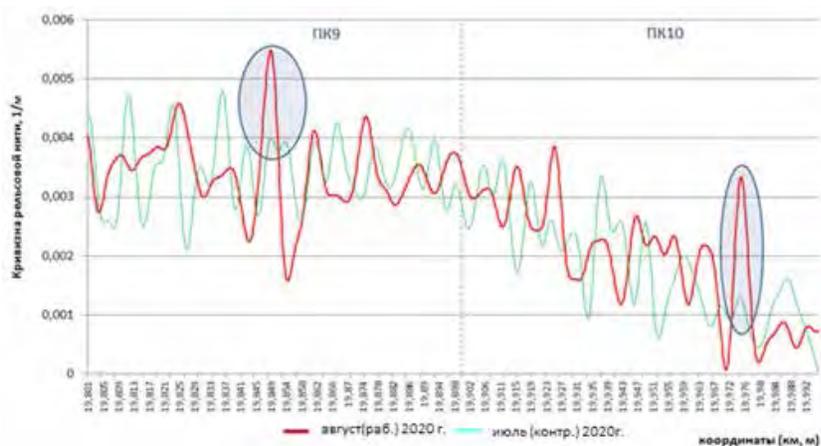


Рис. 5. Пример резкого изменения кривизны рельсовой нити во времени [разработано автором].

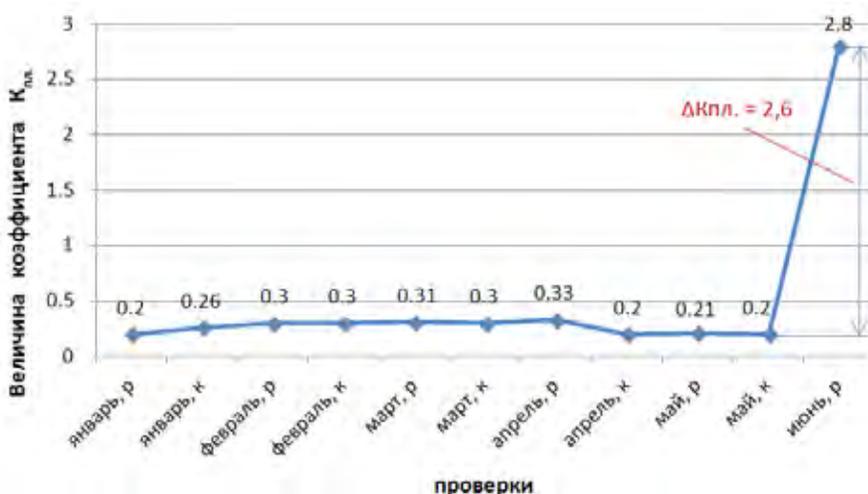


Рис. 6. Пример резкого изменения коэффициента $K_{пл}$ во времени [разработано автором].

в диапазоне 6–9 м в рамках соседних проверок пути, используя следующую формулу:

$$\Delta K_{пл} = K_{пл.(тек.пр.)} - K_{пл.(пред.пр.)} \quad (2)$$

где $K_{пл.(тек.пр.)}$ – величина коэффициента, показывающая степень предотказности за текущую проверку;

$K_{пл.(пред.пр.)}$ – величина коэффициента, показывающая степень предотказности за предыдущую проверку.

Дополнительно предлагается учитывать изменения температуры рельсов, которые были зафиксированы диагностическими средствами в момент измерения кривизны в ходе данных проверок, по формуле:

$$\Delta t_r = t_{r(тек.пр.)} - t_{r(пред.пр.)} \quad (3)$$

где $t_{r(тек.пр.)}$ – температура рельсов, зафиксированная в момент измерения кривизны за текущую проверку;



Рис. 7. Дерево состояний [разработано автором].



$t_{p(\text{пред.пр.})}$ – температура рельсов, зафиксированная в момент измерения кривизны за предыдущую проверку.

Установление пороговых критериев оценки предлагается выполнить на основе полученных в ходе исследований зависимостей [14]:

$$f(\Delta K_{\text{пл.}}; \Delta t_p), \quad (4)$$

Для ранжирования полученных критериев оценки и принятия управленческих решений целесообразно использовать «дерево состояний» (рис. 7) [15; 16].

Таким образом, использование дополнительных критериев оценки позволит своевременно выявлять участки бесстыкового пути, которые представляют высокую опасность «выброса» по причине резкого изменения состояния в плане, особенно в период повышения температур.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ammann & Gruenewaldt. Längskräfte im Eisenbahngleis. Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure, 2 Februar, 1929, Band 73, Nr. 5, S. 157–161. [Электронный ресурс]: <https://cybra.lodz.pl/dlibra/publication/23279/edition/20029/content>. Доступ 28.11.2022.
2. Овчинников Д. В. Аспекты определения устойчивости бесстыкового пути при воздействии подвижного состава // Наука и образование транспорта. – 2019. – № 2. – С. 155–159. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43073342>. Доступ 28.11.2022.
3. Атапин В. В. Контроль и оценка предотказного состояния бесстыкового пути в плане // Автореферат дисс... канд. техн. наук. – Самара, СамГУПС, 2015. – 22 с. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30417666>. Доступ 28.11.2022.
4. Михалкин И. К., Симаков О. Б., Седелкин Ю. А. [и др.] Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018661607 Российская Федерация. Комплексный анализ предотказного состояния бесстыкового пути (КАПС БП): № 2018619108; заявл. 28.08.2018; опубл. 10.09.2018; заявитель Акционерное общество Научно-производственный центр информационных и транспортных систем (АО НПЦ ИНФОТРАНС). [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39302209>. Доступ 28.11.2022.
5. Jianxing, Liu; Zhiye, Liu; Ping Wang; Lei, Kou. Dynamic characteristics of the railway ballast bed under water-rich and low-temperature environments. Engineering Structures, 2021, Vol. 252 (3), 113605. DOI: 10.1016/j.engstruct.2021.113605 [ограниченный доступ].
6. Суслов О. А., Седелкин Ю. А., Атапин В. В. Анализ устойчивости бесстыкового пути по данным современных средств диагностики // Путь и путевое хозяйство. – 2015. – № 11. – С. 22–28. [Электронный ресурс]:

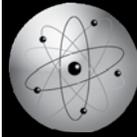
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25000845> [ограниченный доступ].

7. Nam-Hyoung, Lim; Nam-Hoi, Park; Young, Jong Kang. Stability of continuous welded rail track. Computers & Structures, 2003, Vol. 81 (22–23), pp. 2219–2236. DOI: 10.1016/S0045-7949(03)00287-6 [ограниченный доступ].
8. Атапин В. В., Ершов В. В. Поперечная устойчивость бесстыкового пути и её выходные формы // Вестник транспорта Поволжья. – 2013. – № 2 (38). – С. 80–87. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19423848>. Доступ 28.11.2022.
9. Boronahin, A. M., Filatov, Y. V., Larionov, D. Y. [et al]. Measurement system for railway track condition monitoring. Proceedings of the 2015 IEEE North West Russia Section Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference, ElConRusNW 2015, St. Petersburg, 02–04 февраля 2015 года. – St. Petersburg, 2015, pp. 155–158. DOI: 10.1109/ElConRusNW.2015.7102252 [ограниченный доступ].
10. Аккерман Г. Л., Мильникова М. А. Организация мониторинга за напряжённым состоянием бесстыкового пути // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2018. – № 2 (38). – С. 50–56. DOI: 10.20291/2079-0392-2018-2-50-56. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35310557>. Доступ 28.11.2022.
11. Аккерман Г. Л., Мильникова М. А. Контроль температурно-напряжённого состояния рельсовых плетей, выброса, разрыва и угона железнодорожного бесстыкового пути при помощи баллизы // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2017. – № 1 (33). – С. 28–34. DOI: 10.20291/2079-0392-2017-1-28-34. [Электронная ссылка]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28897304>. Доступ 28.11.2022.
12. Атапин В. В. Методика осреднения кривизны при отступлениях от норм содержания в плане // Транспорт Урала. – 2012. – № 4 (35). – С. 64–68. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18294620>. Доступ 28.11.2022.
13. Boronahin, A. M., Kukaev, A. S., Larionov, D. Y. [et al]. Application of regression analysis for data processing of inertial track monitoring system. Proceedings of the 2016 IEEE North West Russia Section Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference, ElConRusNW 2016, Saint Petersburg, 02–03 февраля 2016 года. – Saint Petersburg, 2016, pp. 151–155. DOI: 10.1109/ElConRusNW.2016.7448142 [ограниченный доступ].
14. Атапин В. В., Атапина Н. А. Управление рисками при оценке состояния бесстыкового пути // Путь и путевое хозяйство. – 2019. – № 5. – С. 20–24. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39246832> [ограниченный доступ].
15. Суслов О. А., Марийчук В. А., Овчинников Д. В. Определение уровня риска сдвига рельсошпальной решётки бесстыкового пути // Вестник транспорта Поволжья. – 2016. – № 6 (60). – С. 41–47. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27722533>. Доступ 28.11.2022.
16. Певзнер В. О., Гринь Е. Н. Совершенствование системы управления техническим обслуживанием пути // Железнодорожный транспорт. – 2021. – № 2. – С. 54–59. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44665922> [ограниченный доступ]. ●

Информация об авторе:

Атапин Виталий Владимирович – кандидат технических наук, директор института автоматизации информационных технологий и строительства, доцент кафедры пути и путевого хозяйства Самарского государственного университета путей сообщения (СамГУПС), Самара, Россия, atapin@samgps.ru.

Статья поступила в редакцию 27.11.2022, одобрена после рецензирования 27.12.2022, принята к публикации 28.12.2022.



Анализ взаимосвязи подуклонки рельсов и ширины колеи на основании данных вагонов-путеизмерителей



Дамир ГАЛЛЯМОВ



Дмитрий ОВЧИННИКОВ

Дамир Ильдарович Галлямов¹,
Дмитрий Владиславович Овчинников²

^{1,2} Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС), Самара, Россия.

✉ ¹ d.gallyamov@samgups.ru.

АННОТАЦИЯ

Увеличение срока службы верхнего строения пути всегда было и остаётся актуальной задачей, так как это позволяет снизить издержки на ремонт и текущее содержание пути.

Целью данной работы является определение взаимного влияния подуклонки рельсов и ширины колеи на основании результатов измерений, проведённых вагоном-путеизмерителем, а также их влияния на напряжённо-деформированное состояние рельса. Для анализа использовались статистические методы и метод конечных элементов. Используя статистические методы, было определено, что величины подуклонки и ширина колеи не имеют нормального распределения и характеризуются слабой обратной связью. Сделаны выводы о причинах данных результатов.

Для определения методом конечных элементов контактных напряжений в головке рельса на участках пути, имеющих в выборке, с различной комбинацией подуклонки

и ширины колеи, была разработана модель с полным геометрическим подобием.

Результаты, полученные в ходе расчётов, демонстрируют, что отклонение подуклонки в интервале от 1/15 до 1/30 приводит к росту напряжений более чем на 20 %, при этом изменение ширины колеи имеет слабое влияние на напряжённо-деформированное состояние головки рельса. Максимальный рост контактных напряжений на анализируемом участке составил 97 % при подуклонке 1/990 и ширине колеи 1526 мм.

Рост контактных напряжений приводит к образованию усталостных трещин и, как следствие, к образованию дефектов и замене рельса. Для увеличения срока службы рельсов рекомендуется следить за состоянием скреплений и соблюдением технологии выполнения работ по текущему содержанию, а также пересмотреть допуск отклонения подуклонки рельсов как в большую, так и в меньшую стороны.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, ширина колеи, подуклонка рельсов, контакт колеса и рельса, контактные напряжения, метод конечных элементов, срок службы рельса.

Финансовая поддержка: данная статья была написана в рамках научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы «Влияние подуклонки рельсов на условия взаимодействия колеса и рельса с разработкой прибора определения статического угла наклона рельса» (№ 122022200418-2).

Для цитирования: Галлямов Д. И., Овчинников Д. В. Анализ взаимосвязи подуклонки рельсов и ширины колеи на основании данных вагонов-путеизмерителей // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 6 (103). С. 27–34. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-4>.

Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the article in English is published in the second part of the issue.

ВВЕДЕНИЕ

Снижение издержек в путевом хозяйстве в первую очередь связано с повышением срока службы элементов верхнего строения пути, что позволяет существенно снизить затраты, связанные с текущим содержанием пути и его ремонтами.

Наиболее дорогостоящим элементом в верхнем строении пути является рельс, таким образом, увеличение его ресурса является приоритетным направлением. Анализ замены рельсов по видам дефектов показал, что появлению излома в рельсах предшествует появление дефектов контактно-усталостного происхождения в головке рельсов, развитие которых зависит от уровня напряжённо-деформированного состояния, вызванного, в том числе, пропущенным тоннажем [1].

Напряжённо-деформированное состояние головки рельса зависит от положения колеса относительно рельса, а также от вертикальных

и боковых сил, действующих на рельс от подвижного состава. Передача нагрузки от колёс на рельсы происходит по очень небольшой, сравнительно с размерами колёс и рельсов, площадке. Материал около этой площадки испытывает объёмное напряжённое состояние. Распределение этих напряжений, называемых контактными, весьма сложно и поддается исследованию лишь методами теории упругости [2].

Положение колеса относительно рельса в первую очередь зависит от ширины колеи и подуклонки рельса (рис. 1).

Целью данной работы является определение взаимного влияния ширины колеи и подуклонки рельсов, степень их распределения и корреляции, а также их влияние на напряжённо-деформированное состояние головки рельса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для определения взаимосвязи ширины колеи и подуклонки рельсов использовались методы статистического анализа, а именно частотные гистограммы и расчёт коэффициента корреляции. Расчёт напряжённо-деформированного состояния рельса проводился с помощью метода конечных элементов, для чего была построена трёхмерная модель взаимодействия колеса и рельса с полным соответствием геометрических параметров и физико-механических свойств материала.

При анализе рассмотрен участок пути длиной 50 км. Данные о геометрии рельсовой колеи получены с помощью диагностического комплекса ЭРА, с интервалом измерений 20 см. Из выборки устранены участки пути, где из-за особенностей измерительного оборудования невозможно зафиксировать подуклонку рельсов, только ширину колеи.

Фиксация подуклонки проводилась по обеим нитям пути, в результате чего получена более детальная геометрия контакта колеса и рельса.

Выборка составляет 255307 значений, общий вид полученных данных представлен в табл. 1. Для более точного расчёта значения подуклонки переведены в угол наклона подошвы рельса, относительно плоскости подошвы шпалы.

Первичный анализ полученных данных показал, что помимо нормальной геометрии рельсовой колеи (нормальная ширина колеи (1520 мм), нормативная подуклонка рельсов (1/20)) имеют место следующие ситуации:

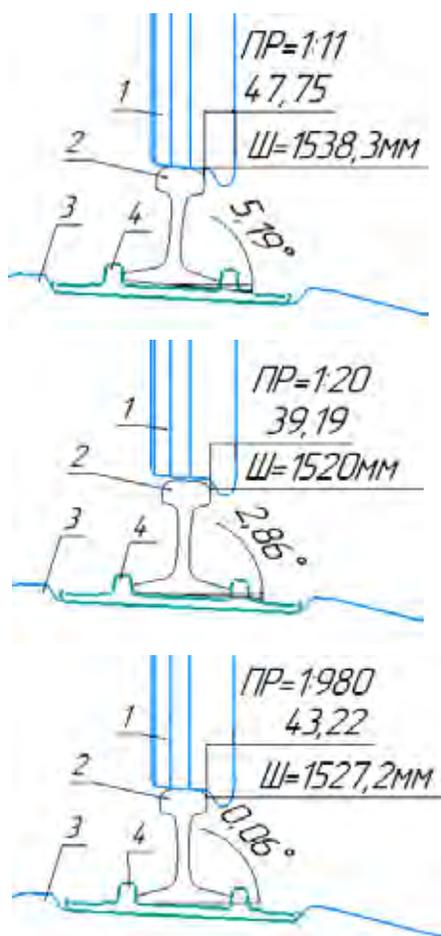


Рис. 1. Влияние ширины колеи и подуклонки на положение колеса на рельсе. 1 – колесо; 2 – рельс Р65; 3 – ЖБ шпала; 4 – подкладка [выполнено авторами].

Таблица 1

Общий вид данных используемых для анализа [выполнено авторами]

Км	М	Подуклонка левая нить		Подуклонка правая нить		Ширина колеи, мм
		Уклон	Градусы	Уклон	Градусы	
1	0	1/28	2,045	1/20	2,862	1522,9
1	0	1/28	2,045	1/20	2,862	1522,8
1	1	1/28	2,045	1/19	3,013	1522,7
1	1	1/28	2,045	1/19	3,013	1522,6
1	1	1/28	2,045	1/19	3,013	1522,6
1	1	1/28	2,045	1/19	3,013	1522,5
1	1	1/28	2,045	1/19	3,013	1522,5
1	2	1/28	2,045	1/19	3,013	1522,4
1	2	1/28	2,045	1/19	3,013	1522,4
1	2	1/28	2,045	1/19	3,013	1522,3

Таблица 2

Расчёт средних значений, медианы, СКО, минимального и максимального значений [выполнено авторами]

Параметр	Подуклонка левой нити		Подуклонка правой нити		Ширина колеи, мм
	Уклон	Градусы	Уклон	Градусы	
Среднее арифметическое	1/22	2,644	1/21	2,721	1522,53
Медиана	1/21	2,727	1/21	2,727	1522
СКО		0,421		0,427	2,73
Минимальное значение	1/990	0,058	1/990	0,058	1516,3
Максимальное значение	1/12	5,194	1/11	5,194	1541,8

• сужение или уширение колеи при нормативной подуклонке рельсов (1/20);

• нормативная ширина колеи (1520 мм), отклонение подуклонки рельсов в большую (до 1/11) или в меньшую сторону (до 1/990);

• уширение колеи (>1520 мм), отклонение подуклонки в меньшую сторону (до 1/990).

Согласно технологическим картам, регулировка ширины колеи осуществляется регулировкой положения рельса в горизонтальной плоскости по подрельсовой площадке шпалы, без изменения подуклонки рельсов. Однако, при наличии существенного бокового износа рельсов подобная регулировка не позволяет достичь нормативной ширины колеи, в таком случае исполнители, в нарушение технологической карты, регулируют ширину колею путём изменения подуклонки рельсов. Третий вид деформации колеи является следствием износа элементов промежуточных скреплений, ослабления момента затяжки крепежителей [3].

Для проверки гипотезы о нормальном распределении подуклонки и ширины колеи были определены среднее-арифметическое, медиана, среднееквадратическое отклонение (далее СКО), минимальное и максимальное значения (табл. 2).

Для проверки гипотезы о нормальности распределения случайной величины используются косвенные, графические и расчётные методы.

К графическим методам относят: частотные гистограммы, нормально-вероятностный график и ящичную диаграмму. К расчётным методам относят: критерий Колмогорова–Смирнова, критерий Шапиро–Уилка, критерий Пирсона–Хи-квадрат и другие [4]. В данной работе, для проверки гипотезы о нормальном распределении подуклонки рельсов использовался графический метод, а именно частотные гистограммы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сравнение эмпирических и теоретических данных

Для проверки гипотезы графическим методом были использованы частотные гистограммы.

Построение гистограммы осуществлялось на основании эмпирических и теоретических частот значений выборки. Определение частот осуществляется по равным интервалам диапазона выборки. Для подуклонки рельсов данный интервал составляет 0,235 градуса, для ширины колеи 1 мм. Теоретические частоты определяются по функции плотности нормального закона:





Таблица 3

**Частоты подуклонки рельсов по обеим нитям в заданных интервалах
[выполнено авторами]**

Интервалы		Левая нить		Правая нить	
		Эмпирические частоты	Теоретические частоты	Эмпирические частоты	Теоретические частоты
1/195	1/990	764	0,01	593	0,00
1/108	1/195	714	0,18	621	0,07
1/75	1/108	652	3,10	467	1,07
1/57	1/75	622	37,64	452	12,46
1/46	1/57	864	317,88	705	105,84
1/39	1/46	1950	1868,74	1011	657,77
1/34	1/39	4112	7647,46	1860	2989,95
1/30	1/34	8365	21785,42	3472	9940,73
1/26	1/30	25234	43201,23	8191	24173,48
1/24	1/26	75992	59635,86	29127	42995,84
1/22	1/24	82380	57306,03	51430	55934,58
1/20	1/22	29982	38333,14	80699	53223,19
1/18	1/20	21196	17849,66	39755	37041,45
1/17	1/18	1670	5785,84	25040	18855,66
1/16	1/17	455	1305,52	11146	7020,40
1/15	1/16	193	205,06	508	1911,83
1/14	1/15	117	24,13	168	436,28
1/13	1/14	26	0,09	37	5,91
1/12	1/13	19	0,00	25	0,46

Таблица 4

Частоты ширины колеи в заданных интервалах [выполнено авторами]

Интервалы	Эмпирические частоты	Теоретические частоты
≤1517	48	8550,19
(1517; 1518)	1046	9678,56
(1518; 1519)	6415	16458,60
(1519; 1520)	20693	24508,99
(1520; 1521)	44701	31960,38
(1521; 1522)	56595	36496,79
(1522; 1523)	45953	36496,79
(1523; 1524)	30108	31960,38
(1524; 1525)	18383	24508,99
(1525; 1526)	12269	16458,60
(1526; 1527)	7073	9678,56
(1527; 1528)	3358	4983,96
(1528; 1529)	1894	2247,39
(1529; 1530)	1648	887,39
(1530; 1531)	1044	306,82
(1531; 1532)	654	92,89
(1532; 1533)	300	24,62
(1533; 1534)	104	5,72
(1534; 1535)	338	1,16
(1535; 1536)	561	0,21
(1536; 1537)	622	0,03
(1537; 1538)	690	0,00
(1538; 1539)	373	0,00
(1539; 1540)	329	0,00
(1540; 1541)	85	0,00
(1541; 1542)	23	0,00

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где σ – среднее квадратическое отклонение;
 μ – математическое ожидание (медиана).

Результаты определения частот представлены в табл. 3 и 4.

На основании полученных данных построены частотные гистограммы (рис. 2, 3, 4).

Полученные гистограммы для подуклонки рельсов и ширины колеи ассиметричны, не совпадают с теоретическими нормальными кривыми, следовательно, гипотеза о нормальности распределения данных величин отклоняется.

С целью определения взаимосвязи величин был произведён расчёт коэффициента корреляции методом Пирсона между подуклонкой левой нити и шириной колеи, а также между подуклонкой правой нити и шириной колеи:

- коэффициент корреляции между подуклонкой левой нити и шириной колеи равен $-0,20$ что свидетельствует о слабой обратной связи;

- коэффициент корреляции между подуклонкой правой нити и шириной колеи равен $-0,41$, что свидетельствует об умеренной обратной связи.

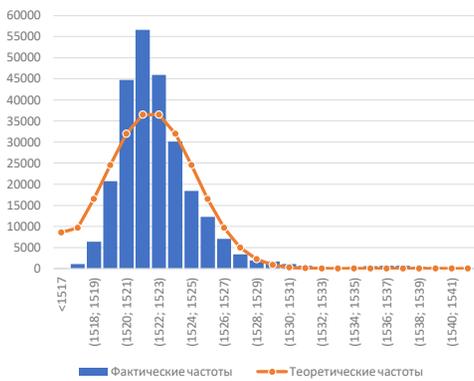


Рис. 2. Частотная гистограмма ширины колеи [выполнено авторами].

Распределение подуклонки

При нормальной ширине колеи 1520 мм и подуклонке обеих нитей 1/20 контактные напряжения не превышают 650 Мпа, однако при отклонении в пределах допускаемой подуклонки от 1/12 до 1/60 они возрастают более чем на 170 % и превышают предел прочности рельсовой стали [5].

Также следует учитывать, что подуклонка рельсов на путях с железобетонными шпалами в первую очередь формируется уклоном подрельсовых площадок шпал, имеющих допуски от 1/18 до 1/22 для первого сорта и от 1/16 до 1/24 для второго сорта¹.

Расчёт контактных напряжений на анализируемом участке был произведён на сегментах пути со следующими параметрами: с одинаковой подуклонкой обеих нитей; с подуклонкой обеих нитей $>1/20$, $<1/20$; с отличающимися в разные стороны подуклонками правой и левой нитей. Указанные выше подуклонки рельсов были рассмотрены при нормативном значении, при уширении и при сужении рельсовой колеи. Все типы геометрии взяты из выборки.

Расчёт контактных напряжений выполнен методом конечных элементов.

Метод конечных элементов (МКЭ) – численный метод решения дифференциальных уравнений с частными производными, а также интегральных уравнений, возникающих при решении задач прикладной физики. Метод широко используется для решения

¹ ГОСТ 33320-2015. Шпалы железобетонные для железных дорог. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019. – 39 с. [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/1200124225>. Доступ 28.10.2022.

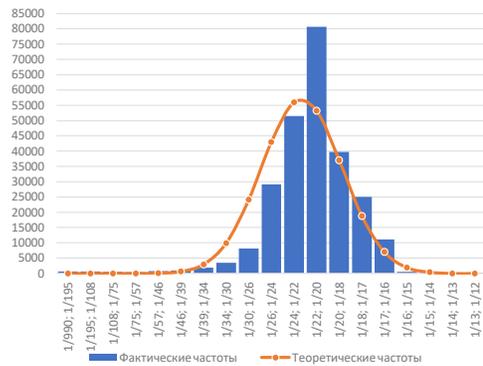


Рис. 3. Частотная гистограмма подуклонки рельсов для правой нити [выполнено авторами].

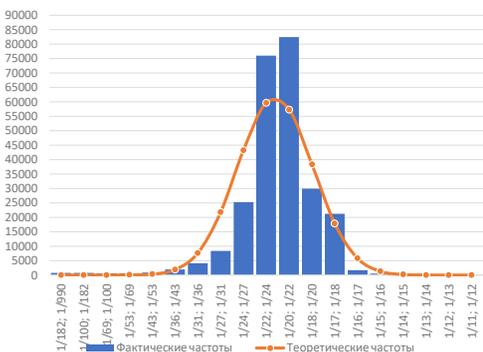


Рис. 4. Частотная гистограмма подуклонки рельсов для левой нити [выполнено авторами].

задач механики деформируемого твёрдого тела, теплообмена, гидродинамики и электродинамики. На железнодорожном транспорте метод конечных элементов применяется для решения задач не только путевого комплекса, но и подвижного состава [6–8], систем обеспечения движения поездов [9; 10] и при проектировании искусственных сооружений [11].

Мощность созданной модели составляет порядка 300 тысяч узлов и 200 тысяч элементов (рис. 5). Модель состоит из колеса и рельса.



Рис. 5. Объёмная конечно-элементная модель контакта колеса и рельса [выполнено авторами].

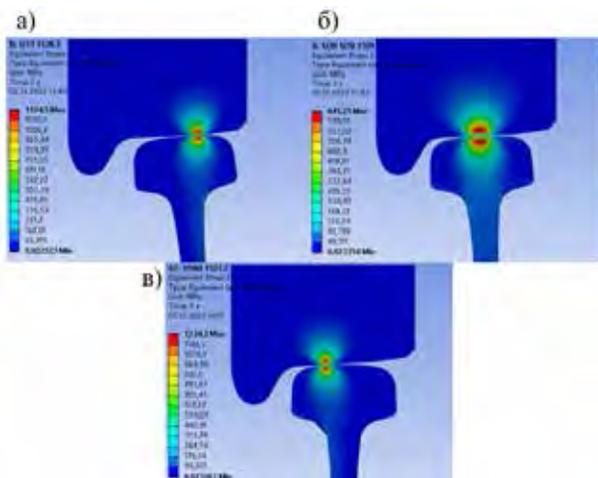


Рис. 6. Контактные напряжения в головке рельса при подуклонке и ширине колеи: а) 1/11, 1538,3 мм; б) 1/20, 1520 мм; в) 1/980, 1527,2 мм.

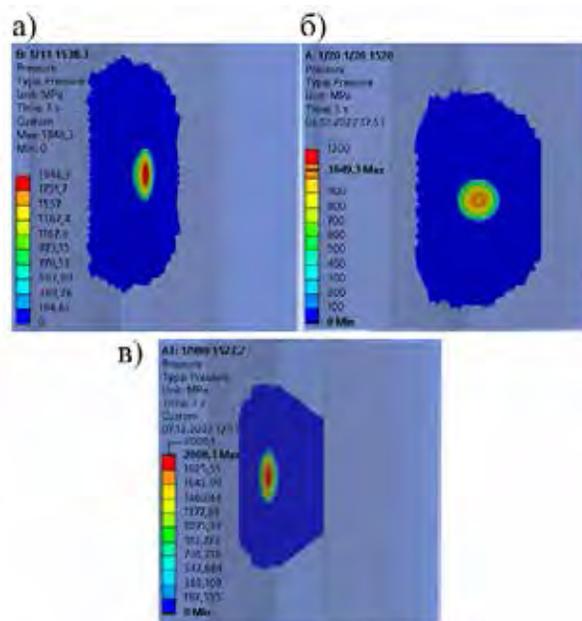


Рис. 7. Пятна контакта и контактные давления в головке рельса при подуклонке и ширине колеи: а) 1/11, 1538,3 мм; б) 1/20, 1520 мм; в) 1/980, 1527,2 мм.

Рельс жёстко зафиксирован по подошве, к колесу приложены вертикальные нагрузки, соответствующие осевой нагрузке в 23, 25 и 30 тс/ось.

Результаты расчёта контактных напряжений при изменении ширины колеи и подуклонки представлены на рис. 6, 7 и в табл. 5.

ВЫВОДЫ

Величина подуклонки рельса не является нормально распределяемой величиной, так как любое отклонение подуклонки от 1/20, кроме обозначенного допущения наклона подрельсовой площадки для железобетонных

шпал, является следствием износа элементов промежуточных скреплений, ослабления момента затяжки крепежителей [3] или результатом нарушения установленного порядка регулировки ширины колеи.

Нарушения при регулировке ширины колеи характеризуются изменением угла наклона рельса за счёт укладки посторонних объектов под подошву рельса. Наличие подобных нарушений явно демонстрируется на участках пути с шириной колеи, соответствующей нормативной, с отклонениями в пределах допуска отступления 1-й степени (-4 мм;

Таблица 5

**Геометрические параметры рельсовой колеи для расчёта контактных напряжений
[выполнено авторами]**

№	Ширина колеи, мм	Подуклонка		Контактные напряжения в головке рельса, МПа / Интенсивность изменения КН, в %					
		Левый рельс	Правый рельс	23 т/ось		25 т/ось		30 т/ось	
				Левый рельс	Правый рельс	Левый рельс	Правый рельс	Левый рельс	Правый рельс
1.	1520	1/20	1/20	586,24 0 %	586,24 0 %	603,46 0 %	603,46 0 %	645,25 0 %	645,25 0 %
2.	1516.3	1/19	1/14	602,87 3 %	843,68 44 %	619,73 3 %	863,6 43 %	657,28 2 %	906,83 41 %
3.	1516.9	1/18	1/17	593,97 1 %	604,06 3 %	613,67 2 %	621,07 3 %	657,62 2 %	659,39 2 %
4.	1517.1	1/22	1/15	599,25 2 %	713,36 22 %	615,55 2 %	731,26 21 %	654,35 1 %	769,81 19 %
5.	1518	1/33	1/18	804,66 37 %	599,62 2 %	824,79 37 %	617,57 2 %	871,42 35 %	657,45 2 %
6.	1518.9	1/16	1/249	614,15 5 %	1132,6 93 %	635,47 5 %	1157,3 92 %	685,06 6 %	1212,9 88 %
7.	1519	1/38	1/17	954,73 63 %	600,39 2 %	975,7 62 %	617,64 2 %	1018,9 58 %	656,09 2 %
8.	1519.9	1/64	1/64	1047 79 %	1047 79 %	1072,3 78 %	1072,3 78 %	1128,7 75 %	1128,7 75 %
9.	1521.2	1/13	1/238	921,64 57 %	1115,7 90 %	941,54 56 %	1142,1 89 %	997,53 55 %	1209,6 87 %
10.	1521.5	1/13	1/339	931,45 59 %	1153,8 97 %	952,31 58 %	1179,4 95 %	995,28 54 %	1234,8 91 %
11.	1521.9	1/364	1/980	1127,8 92 %	1140,1 94 %	1153,5 91 %	1174,5 95 %	1209,6 87 %	1251 94 %
12.	1523.7	1/14	1/410	824,35 41 %	1126,7 92 %	841,67 39 %	1161,9 93 %	880,63 36 %	1237,8 92 %
13.	1523.8	1/113	1/12	1077,3 84 %	1035,6 77 %	1107,6 84 %	1059,8 76 %	1174,7 82 %	1113,6 73 %
14.	1523.9	1/83	1/12	1049,9 79 %	1025,6 75 %	1077,4 79 %	1046,4 73 %	1142,7 77 %	1091,7 69 %
15.	1526	1/855	1/990	1125,7 92 %	1134,4 94 %	1157,7 92 %	1169,7 94 %	1234,1 91 %	1247,3 93 %
16.	1527.1	1/535	1/16	1118,6 91 %	615,16 5 %	1150,3 91 %	634,25 5 %	1228,9 90 %	680,16 5 %
17.	1527.2	1/980	1/16	1126,7 92 %	615,66 5 %	1156,1 92 %	637,48 6 %	1234,5 91 %	686,44 6 %
18.	1533.9	1/16	1/46	615,38 5 %	916,23 56 %	634,59 5 %	940,25 56 %	677,09 5 %	997,57 55 %
19.	1534.9	1/27	1/27	622,85 6 %	622,85 6 %	642,14 6 %	642,12 6 %	685,48 6 %	685,48 6 %
20.	1536.3	1/20	1/62	598,2 2 %	1025,8 75 %	614,8 2 %	1044,1 73 %	652,48 1 %	1092,9 69 %
21.	1538.3	1/11	1/28	1078,2 84 %	633,4 8 %	1108,3 84 %	652,84 8 %	1174,5 82 %	696,89 8 %
22.	1540	1/20	1/101	598,2 2 %	1081,8 85 %	614,78 2 %	1102 83 %	654,09 1 %	1162 80 %
23.	1540.3	1/19	1/106	602,24 3 %	1096,7 87 %	618,87 3 %	1124,2 86 %	656,36 2 %	1185 84 %
24.	1540.7	1/15	1/35	740,1 26 %	859,48 47 %	761,66 26 %	879,51 46 %	812,35 26 %	925,94 44 %
25.	1541.7	1/15	1/43	723,37 23 %	954,82 63 %	744,47 23 %	972,94 61 %	791,9 23 %	1012,5 57 %

+8 мм), и с различной подуклонкой обеих нитей. В табл. 5 они представлены в строках 2–17.

Изменение ширины колеи слабо влияет на изменение контактных напряжений, что продемонстрировано на примере подуклонки

1/20, при ширине колеи 1516, 1520, 1536 и 1540 мм (табл. 5, строки 1, 2, 20 и 22 соответственно). Рост контактных напряжений в данных случаях составляет 2–3 %.

Рост напряжений в головке рельса является негативным фактором, снижающим кон-



тактно-усталостные свойства рельсовой стали, и в итоге может привести к образованию поперечных усталостных трещин в головке рельса в виде светлого или тёмного пятна, вызывающих отказ рельса до пропуска гарантийного тоннажа [12–15].

Рост контактных напряжений на 20 % и более начинается при выходе подуклонки из интервала от 1/15 до 1/30.

Наибольший рост контактных напряжений наблюдается при приближении к горизонтальному положению подошвы рельса. При подуклонке меньше 1/100 рост напряжений составляет 80–97 %.

При изменении подуклонки в сторону увеличения угла наклона подошвы рельсов от 1/14 до 1/11 рост контактных напряжений составляет 41–84 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Параметр подуклонки рельсов в целом оказывает значительное влияние на напряжённо-деформированное состояние важнейшего элемента верхнего строения пути – рельса, что в конечном итоге сказывается на долговечности (жизненном цикле). Для увеличения ресурса рельса необходимо не допускать, в числе прочего, отклонений подуклонки рельсов вследствие износа отдельных элементов промежуточных рельсовых скреплений и нарушений технологического процесса регулировки ширины колеи. В качестве дополнительных мер по увеличению срока службы рельса, возможно, стоит пересмотреть допуски по отклонению подуклонки от 1/20.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сычев В. П., Овчинников Д. В., Абдурашитов А. Ю., Сычева А. В. Методика определения ресурса железнодорожного пути в зависимости от условий его эксплуатации // Наука и техника транспорта. – 2021. – № 3. – С. 44–50. DOI 10.53883/20749325_2021_03_44.
2. Чернышёв М. А. Практические методы расчёта пути. – М.: Транспорт, 1967. – 236 с.
3. Ovchinnikov, D., Pokatsky, V., Gallyamov, D. Factors Affecting the Dynamic Rail Canting of the Railway Track. Transportation Research Procedia, 2020 International Scientific Siberian Transport Forum, Transsiberia 2020, Novosibirsk, 2021, pp. 544–551. DOI: 10.1016/j.trpro.2021.02.106.

4. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с. ISBN 5-9221-0707-0.

5. Покацкий В. А., Овчинников Д. В., Галлямов Д. И. Контактные напряжения при различном расположении колеса и рельса // Путь и путевое хозяйство. – 2020. – № 3. – С. 7–10. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42608180> [ограниченный доступ].

6. Peng, D., Jones, R., Constable, T. Tools and methods for addressing the durability of rolling stock. Engineering Failure Analysis, 2013, Vol. 34, pp. 278–289. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2013.08.011 [ограниченный доступ].

7. Воробьёв А. А., Фёдоров И. В., Чистяков Э. Ю. [и др.]. Расчёт назначенного срока службы цельнокатаных колес железнодорожного подвижного состава по критерию надёжности // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2021. – Т. 18. – № 1. – С. 121–131. – DOI: 10.20295/1815-588X-2021-1-121-131.

8. Иванов П. Ю., Агафонов В. М., Дульский Е. Ю. Математическое моделирование процесса нагрева изоляции обмотки статора асинхронной вспомогательной машины электровоза // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2016. – № 1 (49). – С. 183–189. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25815924> [ограниченный доступ].

9. Song, Yang; Zhang, Mingjie; Oiseth, O.; Rønquist, A. Wind deflection analysis of railway catenary under crosswind based on nonlinear finite element model and wind tunnel test. Mechanism and Machine Theory, 2022, Vol. 168, 104608. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2021.104608>.

10. Залесова О. В., Якубович М. В. Расчёт наведённого напряжения на отключенной ЛЭП с помощью программы FEMM // Труды Колесного научного центра РАН. – 2011. – № 1 (4). – С. 37–42.

11. Zhi-Ping, Zeng; Fu-Shan, Liu; Wei-Dong, Wang. Three-dimensional train-track-bridge coupled dynamics model based on the explicit finite element method. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2022, Vol. 153, 107066. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2021.107066>.

12. Daves, W., Kubin, W., Scheriau, S., Pletz, M. A finite element model to simulate the physical mechanisms of wear and crack initiation in wheel/rail contact. Materials Science, Engineering, Wear, 2016, pp. 78–83. DOI: 10.1016/j.wear.2016.05.027.

13. Magheri, S., Malvezzi, M., Meli, E., Rindi, A. An innovative wheel-rail contact model for multibody applications. Materials Science, Engineering, Wear, 2011, Vol. 271, Iss. 1–2, pp. 462–471. DOI: 10.1016/j.wear.2010.10.038.

14. Wen, J., Marteau, J., Bouvier, S., Risbet, M., Cristofari, F., Secordel, P. Comparison of microstructure changes induced in two pearlitic rail steels subjected to a full-scale wheel/rail contact rig test. Materials Science, Engineering, Wear, 2020, 203354, pp. 456–457. DOI: 10.1016/j.wear.2020.203354.

15. Khoa, D. Vo; Tieu, A. Kiet; Hongtao, Zhu T.; Kosasih, Buyung P. A 3D dynamic model to investigate wheel-rail contact under high and low adhesion. International Journal of Mechanical Sciences, 2014, Vol. 85, pp. 63–75. DOI: 10.1016/j.ijmesci.2014.05.007. ●

Информация об авторах:

Галлямов Дамир Ильдарович – преподаватель кафедры пути и путевого хозяйства Самарского государственного университета путей сообщения (СамГУПС), Самара, Россия, d.gallyamov@samgups.ru.

Овчинников Дмитрий Владиславович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой пути и путевого хозяйства Самарского государственного университета путей сообщения (СамГУПС), Самара, Россия, ovchinnikov@samgups.ru.

Статья поступила в редакцию 11.12.2022, одобрена после рецензирования 27.12.2022, принята к публикации 29.12.2022.

Т



ТРАНСПОРТНАЯ НЕДЕЛЯ 2022 36

Наиболее важные события XVI Международного форума и выставки «Транспорт России».



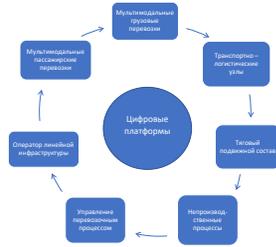
РЕМОНТ ВАГОНОВ 56

Оптимизация распределённых ресурсов как путь к их экономичному использованию.

АВИАПЕРЕВОЗКИ 64

Моделирование объёмов перевозок авиапассажиров: регрессионная модель как основа подходов к прогнозированию.

УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА



ЦИФРОВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НА ТРАНСПОРТЕ 72

Платформенные решения, позволяющие координировать деятельность участников транспортных процессов.



НОВОСТИ ТРАНСПОРТА РОССИИ 79

Безопасные качественные дороги, городские интеллектуальные транспортные системы и общественный транспорт, такси, погранпереходы, международное сотрудничество, транспортное образование.



Транспортная неделя-2022

АННОТАЦИЯ

Редакция публикует подборку материалов, подготовленных на основе новостных сообщений пресс-центра Министерства транспорта Российской Федерации и посвящённых мероприятиям, состоявшимся в ходе проведения XVI Международного форума и выставки «Транспорт России».

В первый день открывшегося 15 ноября 2022 года Форума прошли Заседание комиссии Государственного Совета Российской Федерации, панельная дискуссия «Контейнерный поток в эпоху глобальных шоков. Актуальные траектории развития рынка», круглый стол «Обеспечение технического состояния автомобильного транспорта в течение жизненного цикла» и отраслевая конференция «Эффективность мер государственной поддержки на воздушном транспорте в период беспрецедентного санкционного давления».

Во второй день Форума участники обсуждали роль науки в обеспечении технологической устойчивости транспорта, водный транспорт и оценку соответствия в новых условиях, формулу кооперации в транспортном машиностроении, новые цифровые инструменты, информационные сервисы и технологии, транспортную безопасность и цифровые экосистемы управления. Кроме этого, прошли Заседание Совета руководителей уполномоченных органов в области транспорта государств-членов Евразийского экономического союза и презентация Транспортного акселератора РЖД.

Заключительный день был посвящён международному сотрудничеству. Его открыла пленарная дискуссия

«Международное транспортное сотрудничество в 2022. Новые направления, тренды, результаты», где в центре внимания были действия стран по вопросам налаживания транспортных связей в условиях санкций, правоприменение и координация работы по созданию привлекательных транспортных продуктов в периметре ЕАЭС. Далее на сессии «Заря с Востока»: значение торговли со странами Азии для российской экономики и способность транспорта её обеспечить» представили достигнутые результаты в переориентации внешнеторговых связей на восток.

Завершила деловую программу итоговая пленарная дискуссия. Как выразился заместитель Министра транспорта РФ Валентин Иванов: «Работа на Форуме была организована крайне плодотворно, много вопросов удалось обсудить, найти точки соприкосновения и пути решения».

Состоялось награждение победителей премии «Формула движения». Премия призвана содействовать развитию транспортной инфраструктуры, повышению уровня оказания транспортных услуг, а также стимулированию государственных и коммерческих структур к решению значимых проблем транспортной сферы. В конкурсе участвуют только реализованные проекты или услуги, получившие практическое применение в сфере транспорта.

Тема «Транспортной недели» также освещается на второй обложке и на центральной вклейке номера.

Ключевые слова: транспорт, водный транспорт, железнодорожный транспорт, воздушный транспорт, городской общественный транспорт, международный транспортный коридор, интеллектуальные транспортные системы, строительство автомобильных дорог.

Транспорт России. Стратегия роста

В первый день Форума состоялась пленарная дискуссия «Транспорт России. Стратегия роста в новых условиях». В ней приняли участие Председатель Правительства РФ Михаил Мишустин, помощник Президента России Игорь Левитин, первый заместитель Председателя Правительства РФ Андрей Белоусов, заместители Председателя Правительства РФ Марат Хуснуллин и Дмитрий Чернышенко, министр транспорта Виталий Савельев, председатель правления Госкомпании «Автодор» Вячеслав

Петушенко, генеральный директор – председатель правления ОАО «РЖД» Олег Белозёров и генеральный директор ПАО «Аэрофлот» Сергей Александровский.

Открывая мероприятие, Михаил Мишустин подчеркнул, что Президент обозначил транспортную инфраструктуру в качестве одного из главных драйверов развития экономики страны. Она обеспечивает логистику для бизнеса, рабочие места и комфортные условия жизни граждан. В новых санкционных реалиях крайне важно поддерживать устойчивость работы этой отрасли, гибко

Для цитирования: Транспортная неделя-2022 // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 6 (103). С. 36–55. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-5>.

Полный текст редакционной публикации на английском языке публикуется во второй части данного выпуска. The full text of the editorial in English is published in the second part of the issue.

реагировать на изменение внешней среды и, конечно, максимально быстро действовать с учётом кардинально перестроившихся схем движения товаров.

Кроме того, речь шла о разработке и внедрении новых образовательных стандартов в процесс подготовки специалистов. В частности, в области строительства и эксплуатации автомобильных дорог, тоннелей и других сооружений.

В свою очередь Виталий Савельев отметил, что сейчас идёт большая работа по развитию внутренних водных путей. В России насчитывается 102 тыс. км внутренних водных путей. Это альтернатива автомобильному и железнодорожному транспорту. Грузооборот морских портов России по итогам этого года сократится всего на 2 % к показателям прошлого года.

Министр транспорта также сообщил, что модернизация Восточного полигона для увеличения потока грузов идёт в плановом режиме. «По итогам этого года по железной дороге в восточном направлении будет вывезено 158 млн тонн угля и других грузов. В следующем году планируется вывезти 173 млн тонн, к 2024 году должны выйти на провозную способность в 180 млн тонн. Пока с этим справляемся», – добавил он.

Андрей Белоусов напомнил, что в текущем году мы столкнулись с блокадой транспортных выходов в Европу. В физическом выражении за два квартала, с апреля по сентябрь, по сравнению с 2021 годом, внешнеторговый оборот со странами Евросоюза упал приблизительно на 25 %. Одновременно с этим оборот с Китаем и Юго-Восточной Азией увеличился почти на 10 %, а на южном направлении – на 56 %.

Также был затронут вопрос развития ключевых транспортно-логистических коридоров. «Самый исторически мощный – Восточный коридор. Его протяжённость порядка 11–12 тыс. км, провозная мощность – 280 млн тонн. Но этого недостаточно, чтобы сейчас и в ближайшей перспективе обеспечить развитие страны. В планах до 2030 года повысить провозную мощность до 350 млн тонн грузов в год. Протяжённость коридора в направлении Азово-Черноморского бассейна с выходом в Турцию и страны Северной Африки составляет порядка 3,5 тыс. км. Текущая провозная способность почти 180 млн тонн. Здесь большие возможности роста. Ждём

прирост около 300 млн тонн. Он станет по мощности соразмерным с восточным направлением», – сообщил первый заместитель Председателя Правительства РФ. – Коридор «Север–Юг» имеет исключительно важное значение. Он проходит от порта Усть-Луга до иранских портов Бендер-Аббас и Чабахар с выходом в Индийский океан и имеет протяжённость 5 тыс. км. Текущая провозная способность – 14 млн тонн. Мы хотим довести до 32 млн тонн. Он пересекает с севера на юг целый ряд действующих глобальных транзитных коридоров и в перспективе может изменить мировую логистику глобальных транспортных потоков».

Он добавил, что выстраивание транспортно-логистического коридора – это большая и системная работа. Каждый коридор должен быть бесшовным, а это требует целого ряда регуляторных изменений, которые должны решаться в рамках соглашений с сопредельными странами.

Выступая перед присутствующими, Марат Хуснуллин затронул тему развития дорог. «К 30 ноября с каждым субъектом планируется подписать пятилетний план-меморандум развития дорог. То есть люди будут знать точно, где какая дорога будет построена в течение пяти лет. На эту программу фактически будет направлено 13 трлн рублей», – отметил он.

Дмитрий Чернышенко заявил, что единое мобильное приложение для пассажиров транспорта может появиться в Санкт-Петербурге, Ленинградской области и Твери. Пилотный проект Минтранса позволяет сделать мультимодальные перемещения очень удобными. Пассажир на основе технологии геолокации может расставить точки своего маршрута, и система с помощью искусственного интеллекта подберёт правильный маршрут и сделает стыковки.

«Транспортная отрасль одна из самых продвинутых с точки зрения использования искусственного интеллекта. 18 % крупных и средних компаний в сфере транспорта используют его в своей работе и около 38 % планируют сделать это в ближайшее время», – завершил он.

Новейшие технологии транспорта

15 ноября 2022 года на площадке Российского общества «Знание» Министр транспорта Виталий Савельев провёл лекцию



о современном транспорте, а также перспективах его развития в будущем. В своём выступлении Министр особое внимание уделил внедрению новейших технологий в транспортную сферу. «Цифровизация представлена в любой компании. Если вы пройдёте по выставке, то увидите, что нет ни одной компании, где не была бы представлена цифровизация. Вся транспортная отрасль изменила свой ландшафт, потому что она полностью оцифрована», – заявил глава Минтранса.



Виталий Савельев рассказал об уникальных отечественных разработках в сфере авиации. Сегодня проходит масштабный процесс импортозамещения, основным приоритетом которого является обеспечение безопасности пассажиров. «Отказ западных партнёров от сотрудничества в авиастроении повлечёт за собой важную цель по возрождению отечественной авиации с новой силой. По утверждённой Правительством программе до 2030 года планируется произвести свыше тысячи самолётов, в том числе – порядка 270 МС-21», – сказал он.

Была отмечена проведённая работа по модернизации Единой системы организации воздушного движения в России. В настоящее время управление движением в воздушном пространстве площадью 26 млн км² ведётся из 14 самых современных высокотехнологичных региональных центров, собирающих всю аэронавигационную информацию. «Стоит отметить, что при создании этой уникальной системы использовано отечественное оборудование», – подчеркнул глава Минтранса.

В железнодорожной отрасли также активно применяются беспилотные технологии. В частности, на Московском центральном кольце проходила испытание без пассажиров беспилотная «Ласточка». Автоматика не даёт сбоев, ведёт поезд точно по расписанию. МЦК – это один из самых интенсивных участ-

ков пассажирского движения в Европе. Подобные технологии сейчас внедряются и в метро на Большой кольцевой линии.

Министр транспорта во время лекции сообщил о текущих проектах, основанных на внедрении современных технологий. Например, к 2024 году готовится открытие беспилотного коридора на трассе М-11 «Нева». В ближайшее время трасса «Нева» станет первой дорогой в мире, которая будет полностью оборудована цифровой инфраструктурой для беспилотных грузовиков. Это особый тип беспилотных машин. «Результаты этого эксперимента будут использовать и на других магистралях, например, на ЦКАД и М-12 Москва–Казань. К 2030 году планируется сделать беспилотными 19,5 тыс. км российских дорог общего пользования», – уточнил Министр.

Беспилотные технологии также будут активно использоваться и в сфере речного и морского транспорта. Автономное судовождение – один из новых технологических трендов. В прошлом году в России было осуществлено 28 рейсов, в которых испытывались беспилотные технологии, доказавшие возможность их применения сегодня.

Кроме того, Министр упомянул о ряде значимых отечественных разработок. Например, о разработанном в 1966 году экраноплане КМ – судне на воздушной подушке, которое за рубежом прозвали «Каспийским монстром» за его размеры и впечатляющие возможности. Современные модели экранопланов сегодня разрабатываются конструкторским бюро имени Р. Е. Алексеева.

Виталий Савельев подчеркнул и достижения в области строительства атомных ледоколов, аналогов которых нет больше ни в одной другой стране мира. «Наша задача на сегодняшний день – полностью раскрыть потенциал Северного морского пути. Это довольно серьёзный транспортный логистический коридор, который на две недели сокращает путь из стран Юго-Восточной Азии в Европу, по отношению к Суэцкому каналу. Выполнять эту задачу как раз и позволяют наши ледоколы и газовозы ледового класса», – пояснил он.

Южный кластер

15 ноября 2022 года прошла конференция «Южный кластер – современная транспортная артерия». Госкомпания «Автодор» пред-

ставила проект, завершив технико-экономическое обоснование (ТЭО). Оно было проведено по поручению Президента России Владимира Путина.

Строительство альтернативного направления вдоль Чёрного моря – автомобильной дороги Горячий ключ–Сочи, включая обход мкр. Адлер, за пределами береговой полосы и в обход улично-дорожной сети даст импульс для роста экономики Краснодарского края и туристической сферы России в целом, позволит раскрыть логистический потенциал региона, что создаст предпосылки и для последовательного развития портовой инфраструктуры Сочи и Туапсе. Реализация проекта «Южный кластер» позволит ликвидировать сезонные дорожные заторы, вызванные кратным ростом туристического потока, а также сократит время в пути на 67 % – с 6 до 2 часов на участке Джубга–Сочи. Новая дорога обеспечит повышение уровня безопасности для всех участников дорожного движения, что позволит многократно снизить аварийность и смертность на дорогах – в 4 и более раз.

Проект является совершенно беспрецедентным в связи со сложными инженерными решениями и уникальным природным ландшафтом местности. Сложно переоценить значимость строительства автомобильной дороги для Краснодарского края и для всей страны в целом, отметил первый заместитель председателя правления по инвестиционной политике Госкомпании «Автодор» Игорь Коваль.

Директор департамента государственной политики в области дорожного хозяйства Минтранса России Андрей Шилов напомнил о реализуемых федеральных проектах. «До конца 2023 года будут завершены такие объекты как Дальний западный обход Краснодар, реконструкция трассы А-289 от Краснодара до Темрюка в направлении Крымского моста, расширена дорога от Анапы до Крымского моста. Последующая планомерная работа заключается в строительстве нового направления от Джубги до Сочи», – отметил он.

Проект строительства Южного кластера неоднократно обсуждался, но ввиду его сложности и высокой стоимости за счёт прохождения в стеснённых горных условиях постоянно откладывался. В рамках ТЭО удалось снизить стоимость строительства отдельных участков до 30 %.

Автомобильная дорога А-147 – это единственный и безальтернативный автодорожный проезд от Джубги до Сочи. На значительном протяжении дорога извилистая, ввиду прохождения в стеснённых горных и прибрежных условиях. Геометрические параметры на отдельных участках дороги не соответствуют нормативным требованиям, например, на серпантинах имеются кривые с радиусами от 10 до 14 метров. Это повышает риск ДТП с длинномерным грузовым и пассажирским транспортом.

«Краснодарский край готов поддерживать этот проект административно и финансово, в том числе с точки зрения налоговых льгот. Мы готовы в живом диалоге с Госкомпанией структурировать максимально интересный продукт. Реализация инвестпроекта позволит увеличить нашу добавленную стоимость и валовый региональный продукт на сумму более 600 млрд рублей. Строительство этой дороги позволит увеличить объём турпотока с 17–18 до 25 млн туристов в год», – подчеркнул Министр экономики Краснодарского края Алексей Юртаев.



Проектирование и строительство первоочередного участка новой дороги по черноморскому побережью – обхода Адлера планируется начать уже в 2023 году, завершить – в 2026 году.

Семинар ЭСКАТО-РТИ по вопросам цифровизации транспорта

15 ноября в рамках XVI Международного форума и выставки «Транспорт России» состоялся 3-й семинар ЭСКАТО-РТИ «Цифровизация транспорта: на пути к жизнестойкой, бесшовной и устойчивой связуемости». Мероприятие было приурочено к 11-му заседанию Транспортного совета Расширенной туманганской инициативы 16 ноября 2022 года.

Цель семинара – наращивание потенциала стран Азиатского-Тихоокеанского региона по внедрению и применению цифровых технологий на транспорте. В ходе мероприятия выступили эксперты из России, Китая и Монголии, Секретариата ЭСКАТО, Делового совета Евразийского экономического союза и Азиатского банка инфраструктурных инвестиций.

Российская делегация напомнила, что одна из целей Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года – цифровая трансформация транспорта и ускоренное внедрение новых технологий. В качестве примеров национальных проектов по внедрению цифровых сервисов в транспортную деятельность были озвучены электронные транспортные накладные, проект по использованию беспилотных транспортных средств на скоростной автомобильной дороге М-11 «Нева».

Цифровизация транспорта является одним из приоритетов сотрудничества стран-участниц ЕАЭС, что подтверждает подписанное в апреле 2022 года Соглашение о применении в ЕАЭС навигационных пломб для отслеживания перевозок.

Российская сторона выступила за дальнейший диалог по всем аспектам цифровизации транспорта и подчеркнула готовность делиться своими передовыми разработками в данной сфере со всеми странами Азиатско-Тихоокеанского региона.



С презентациями об инновационных решениях в области использования цифровых технологий на транспорте выступили представители российских организаций транспортного комплекса: РУТ (МИИТ), ОАО «РЖД», АНО «ДМТК».

Цифровые инструменты для новой логистики

16 ноября 2022 года на полях «Транспортной недели» состоялась панельная сессия «Цифровые инструменты для новой логистики». Представители государственных и бизнес-структур обсудили цифровые инструменты, уже применяемые в различных типах транспортных перевозок, а также только планируемые к запуску. В сессии приняли участие заместитель Министра транспорта Дмитрий Баканов, заместитель генерального директора ОАО «РЖД» Евгений Чаркин, член Совета Федерации Артём Шейкин, директор по корпоративным отношениям и связям с органами государственной власти ООО «Яндекс.Такси» Антон Петраков и другие.

Дмитрий Баканов рассказал о главном проекте, запланированном для регулирования автомобильных перевозок, – цифровом профиле. В систему, разрабатываемую Минтрансом, планируется загружать информацию о различных автомобильных перевозчиках: перевозимые ими товары, коммерческие данные, случаи ДТП и уплаченные налоги. На основе этих данных будет формироваться рейтинг перевозчиков, лидеры которого смогут получать различные преимущества, такие как сокращение количества проверок, сниженная ставка по лизингу и другие. Введение системы цифрового профиля планируется в течение двух лет.

Сенатор Артём Шейкин рассказал о работе над ратификацией Соглашения о применении навигационных пломб на территории Евразийского Экономического Союза и о законодательном регулировании электронного документооборота на транспорте. В свою очередь Дмитрий Баканов пояснил, что благодаря системе электронных перевозочных документов можно решить такие актуальные проблемы, как заторы на пунктах пропуска через государственную границу.

Заместитель генерального директора ОАО «РЖД» Евгений Чаркин презентовал различные цифровые сервисы, уже применяемые клиентами компании. Среди них –

электронная торговая площадка «Грузовые перевозки», через которую в 2022 году была оформлена миллионная отправка.



Подробнее о системе навигационных пломб и о перспективах её дальнейшего распространения рассказала генеральный директор ООО «ЦРЦП» Елена Игнатенкова. О применяемых в развитии бизнеса цифровых технологиях рассказали директор по корпоративным отношениям и связям с органами государственной власти ООО «Яндекс.Такси» Антон Петраков, вице-президент транспортной группы FESCO Дмитрий Сурувец и генеральный директор ООО «МТС Авто» Денис Смирнов.

Интеграция беспилотных летательных аппаратов в единое воздушное пространство

16 ноября на полях Транспортной недели прошёл круглый стол «Мониторинг использования воздушного пространства над мегаполисами как инструмент реализации Концепции интеграции БВС в единое воздушное пространство и развития городской аэромобильности». Участники обсудили предпосылки создания системы мониторинга полётов авиации общего назначения и беспилотных воздушных судов над Санкт-Петербургом, технологии, функциональные возможности системы, текущее состояние нормативно-

правовой базы в области регулирования беспилотных полётов над агломерациями.

В 2011 году Минтранс по инициативе губернатора Санкт-Петербурга были введены зоны запрета и ограничения полётов над городом. При установлении таких зон необходимо знать, кто и по какому маршруту движется. В связи с этим определены механизмы и алгоритмы для обеспечения мониторинга и фиксирования полётов воздушных судов – это многопозиционная система и первичные локации, которые должны работать совместно. Разработанный проект подобной системы позволил в этом году реализовать первый этап системы в центральной части города.

В Федеральных авиационных правилах есть право формирования зон ограничения и запрета полётов в интересах отдельных лиц, но не установлено, кто формирует порядок использования воздушного пространства в этих зонах – это право не закреплено ни за федеральными органами власти, ни за лицом, в интересах которого эта зона была сформирована. Таким образом необходимо установить, кто может и должен разрабатывать порядок использования воздушного пространства, который будет являться обязательным документом для всех эксплуатантов, в случае если устанавливается зона запрета и ограничения.

На сегодняшний день, когда каждый может стать владельцем беспилотного воздушного средства, необходима комфортная инфраструктура для безопасного использования воздушного пространства в городской среде.

НПО «Алмаз» совместно с ООО «Флайт Дрон» разработали комплексное решение, регулирующее полёты дронов в пространстве городских агломераций. Система позволяет согласовать полёт за несколько часов, а на работу с документами уходит до двух минут. Сервис учитывает более 10 тысяч объектов аэронавигационной информации, обновляющихся ежедневно. Система интегрируется с городскими сервисами «Умный город» и «Безопасный город» и даёт возможность отслеживать полёты, а также использовать дроны для мониторинга городской инфраструктуры. На платформе созданы личные кабинеты городских администраций, в которых сотрудники согласовывают полёты, получают полноценную систему аутентификации владельца дрона и наблюдают за воздушным пространством города. Автоматизиро-



ванная система мониторинга обеспечивает непрерывное наблюдение за воздушными судами и фиксирует нарушения операторов. Вся полученная информация автоматически направляется и обрабатывается в территориальном центре мониторинга, откуда потом передаётся операторам.

Между Санкт-Петербургом, НПО «Алмаз» и ООО «Флайт Дрон» заключено соглашение, в рамках которого сегодня испытывается платформа, позволяющая упорядочено давать разрешения на взлёт, предоставляя дополнительную информацию о заявителе. Плотность трафика в городе увеличивается, при этом большое количество отправок ложится на курьерскую доставку. Для того, чтобы гарантировать сроки доставки подобного рода отправок, необходима дополнительная логистика. Санкт-Петербург в этом смысле располагает хорошими условиями: река и каналы позволяют достаточно безопасно перемещаться на большой территории города, не обязательно делать соответствующие площадки внутри фасадной или исторической части города. Однозначно вопросы безопасности беспилотных летательных средств в жилой застройке в таком плотном мегаполисе, как Санкт-Петербург, являются основополагающими вопросом. Любое дальнейшее развитие возможно только после того, когда все риски будут устранены.



«Абсолютно точно и ясно, что не может быть сегментированного воздушного пространства, оно единое и управляется едиными правилами из единого центра. Коллеги сейчас в рамках экспериментально-правового режима ищут варианты, но то, что федеральным центром должны быть выработаны новые правила использования воздушного пространства над крупными населёнными пунктами с допустимыми рисками и контролем

над ними – не подлежит никакому сомнению. Эти правила должны быть разработаны в том числе и для зон ограничения, и для закрытых зон в некоторых случаях», – отметил в своём выступлении заместитель начальника Управления Президента Российской Федерации по обеспечению деятельности Госсовета РФ Александр Юрчик.

Сотрудничество России и Пакистана в области автомобильных грузоперевозок

16 ноября 2022 года на площадке XVI Международного форума и выставки «Транспорт России» состоялось подписание Межправительственного соглашения между Россией и Пакистаном о международном автомобильном сообщении. Подписи под документом поставили Министр транспорта Российской Федерации Виталий Савельев и Министр коммуникаций Исламской Республики Пакистан Мехмуд Асад.



Заключение соглашения создаёт договорно-правовую базу по осуществлению автомобильных перевозок между двумя странами. Подписание документа расширит географию перевозок грузов автомобильным транспортом по маршрутам международного транспортного коридора «Север–Юг», в том числе в части выхода на территорию Пакистана через территорию Ирана. При этом будут созданы дополнительные потенциальные возможности в области автомобильных перевозок для российских и пакистанских перевозчиков.

Транспортное машиностроение

В состоявшейся 16 ноября 2022 года пленарной дискуссии «Транспортное машиностроение. Формула кооперации» приняли участие заместитель Министра транспорта Игорь Чалик, генеральный директор АО «ГТЛК» Евгений Дитрих, президент АО «АВТОВАЗ» Максим Соколов, генераль-

ный директор ПАО «Корпорация «Иркут» Андрей Богинский, председатель Совета директоров АО «Синара – Транспортные Машины», президент РАТ Александр Мишарин и председатель правления, генеральный директор АО «ОСК» Алексей Рахманов.



Водный транспорт

16 ноября 2022 года прошла отраслевая конференция «Водный транспорт в новых условиях: взгляд за горизонт». Приглашённые эксперты из государственных структур и сферы бизнеса обсудили развитие международных транспортных коридоров, обновление флота и перспективы для внутреннего водного транспорта. В конференции приняли участие заместитель Министра транспорта Александр Пошивай, руководитель Росморречфлота Захарий Джоиев, специальный представитель ГК «Росатом» по вопросам развития Арктики Владимир Панов и другие эксперты.

Александр Пошивай отметил значимость и актуальность Транспортной стратегии до 2035 года, принятой в прошлом году. Она позволила оперативно ответить на вызовы, связанные с введением международных санкций. Основная цель транспортной политики – переориентация грузопотоков. В связи с этим заместитель Министра отметил особую значимость транспортного коридора «Север–Юг», инфраструктуру которого модернизируют Минтранс совместно с Росморречфлотом. «Потенциал роста – практически двукратный к 2030 году», – сообщил замминистра. Александр Пошивай подчеркнул, что, несмотря на все сложности, в 2022 году заметен рост грузо- и пассажироперевозок.

Тему важности коридора «Север–Юг» продолжил и заместитель председателя правительства Астраханской области Денис

Афанасьев. В частности, он отметил, что сам коридор вдвое короче своих аналогов. Сегодня заметна живая заинтересованность в развитии коридора со стороны дружественных государств, выражаемая в инвестициях в развитие портовой инфраструктуры. Благодаря этим и другим шагам станет возможным гарантировать политическую независимость нашей страны в части доставки грузов.

Об освоении Северного морского пути рассказал специальный представитель ГК «Росатом» по вопросам развития Арктики Владимир Панов. Он сообщил, что за последние пять лет Россия перешла на новый качественный уровень понимания морской логистики и приобрела такие компетенции и знания, которыми не обладает ни одно зарубежное государство или компания. Сейчас поставлена задача перейти к круглогодичной навигации СМП в восточном направлении к 2024 году.



Коридор «Север–Юг»

В завершении конференции выступил Захарий Джоиев. Особый акцент глава Росморречфлота сделал на важности для бизнеса внутренних водных путей и развития морских глубоководных терминалов. Говоря о транспортных коридорах, Захарий Джоиев подчеркнул значимость коридора «Север–Юг»,



исходя даже не из объёма перевозок на данный момент, а из его геополитического потенциала. «Логистика будет определяющей для экономики. Там, где будут формироваться новые маршруты, там будут возникать точки роста», – завершил он.

Контейнерные перевозки

В ходе состоявшейся 16 ноября 2022 года панельной дискуссии «Контейнерный поток в эпоху глобальных шоков. Актуальные траектории развития рынка» участники встречи обсудили изменения географии внешнеэкономической деятельности за последние месяцы, предложения логистических операторов бизнесу в новых условиях, развитие контейнерной логистики, обеспечение баланса интересов участников внешнеэкономической деятельности исходя из потребностей отраслей российской экономики, процессы реструктуризации отечественных предприятий под современные стандарты логистики.

Международный аэропорт «Шереметьево»

На конференции Международного аэропорта «Шереметьево» 17 ноября 2022 года были обсуждены вопросы разработки и внедрения цифровой экосистемы управления аэропортом. В мероприятии приняли участие заместитель Министра транспорта Дмитрий Баканов, генеральный директор АО «МАШ» Михаил Василенко и представители аэропорта.

На конференции был представлен комплекс уникальных разработок в качестве базы для создания национальной цифровой аэропортовой экосистемы.

«Международный аэропорт Шереметьево возглавил Индустриальный центр компетенций «Аэропорты», поскольку у нас есть уникальные разработки, компетенции и опыт. Мы предлагаем универсальное решение, которое может быть в целом либо в своих составных частях-модулях применено во всех аэропортах страны», – сказал он.

Аэропорт Шереметьево опережает многие аэропорты в мире по автоматизации и цифровизации процессов обслуживания самолётов, грузов и пассажиров. Он разработал и реализует программное обеспечение с применением методов искусственного интеллекта, значительно превосходящих зарубежные аналоги.

Цифровая экосистема МАШ позволяет в автоматическом режиме управлять аэропортовым производством за счёт обработки больших объёмов данных. Совокупность этих процессов позволяет значительно оптимизировать затраты и повысить эффективность работы.

Цифровая экосистема управления производственными процессами МАШ включает в себя:

- AODB – Центральная аэропортовая база данных (ЦАБД) «Синхрон» – основной инструмент управления операционной деятельностью аэропорта;
- система совместного принятия решений с авиакомпаниями (A-CDM);
- RMS – автоматизированная система управления ресурсами с применением графического интерфейса;
- уникальный цифровой двойник – система долгосрочного и краткосрочного моделирования, анализа и оптимизации деятельности аэропорта с применением методов искусственного интеллекта, в том числе нейросетей;
- другие перспективные системы, включая управленческую отчётность и коммерческие инструменты для принятия своевременных адекватных решений.

Шереметьево стал первым аэропортом в России, который разработал и внедрил систему совместного принятия решений с авиакомпаниями (A-CDM), используя собственную инновационную производственную базу данных «Синхрон».

Точная система прогнозирования позволила разработать цифровой двойник аэропорта Шереметьево, моделирующий работу взлётно-посадочных полос, пассажирских и грузовых терминалов, систем обработки багажа и досмотрового оборудования, персонала и техники. Преимущество системы заключается в постоянном автоматическом переобучении и мгновенной реакции на изменения.

Оперативное реагирование на изменения позволяет Шереметьево минимизировать негативное влияние на экономику аэропорта и сохранять производственные возможности для стабильного обеспечения функционирования в постоянно меняющихся условиях. Цифровая экосистема Шереметьево за счёт оптимизации планирования позволяет ежегодно экономить свыше 1 млрд рублей.

Цифровая экосистема Шереметьево даёт гибкость реагирования на запросы и потребности авиакомпаний за счёт понимания влияния на экономику аэропорта их инициатив и возможность предоставлять дополнительные скидки на обслуживание. Это выгодно для всех сторон: аэропорта, авиакомпаний и в конечном итоге для пассажиров.

В свою очередь Дмитрий Баканов подчеркнул, что сегодня государство и отраслевой бизнес столкнулись с вызовами и угрозами, которые в ряде случаев ускорили принятие и реализацию решений по цифровизации в транспортной отрасли, импортозамещению решений иностранных разработчиков, дальнейшему обеспечению технологического суверенитета.



«Прекрасный пример – переход всех отечественных авиакомпаний на российские системы бронирования. Я уверен, что этот масштабный проект может стать примером того, как государство совместно с бизнесом может в кратчайшие сроки решать проблемы, вставшие перед отраслью», – завершил заместитель Министра.

Перевозки грузов и пассажиров автомобильным транспортом

17 ноября 2022 года прошла отраслевая конференция «Организация автоперевозок пассажиров и грузов. Вектор развития – комфорт и надёжность в сервисе». В обсуждении приняли участие первый заместитель генерального директора ФБУ «Росавтотранс» Андрей Земцев, начальник юридической службы ГУП «Московский метрополитен» Андрей Лебедев, и.о. директора дирекции некоммерческого лизинга и развития инфраструктуры АО «ГТЛК» Александр Хомчик, директор по развитию региональных проектов ООО «СберТройка» Елена Колесникова, заместитель председателя правления по операторской деятельности и развитию пользовательских сервисов ГК «Автодор» Константин Макиев, директор по стратегии Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры Москвы Ольга Морозова, заместитель генерального директора ФБУ «Росавтотранс» Олег Толстухин. Участники встречи обсудили вопросы обеспечения автотранспортного сообщения в новых логистических условиях и равной доступности общественного транспорта, обновления подвижного состава в городских агломерациях, новых возможностей оплаты проезда, трансформации тахографии и другие.



ГУП «Московский метрополитен» разработал концепцию автостанций малого (с пассажиропотоком от 101 до 250 человек в сутки) и особо малого типа (с пассажиропотоком до 100 человек в сутки включительно), которая позволит установить рациональные требования к объектам транспортной инфраструктуры, расположенным в небольших населённых пунктах. Реализация концепции потребует внесения изменений в ряд нормативных актов, также для реализации проекта необходимо стимулировать инициативы регионов.

Кроме того, разрабатываются правовые инициативы по легализации регулярных перевозок по требованию («По Пути»), регулированию перевозок по заказу, расширению круга оснований для прекращения действия свидетельства об осуществлении перевозок по маршруту регулярных перевозок, изменению «коронавирусной поправки».

Александр Хомчик выступил с докладом о льготном лизинге, являющимся инструментом создания новой мобильности в регионах. Одной из таких программ является обновление пассажирской городской техники в рамках национального проекта «Безопасные качественные дороги».

С учётом потребности в модернизации региональных парков городской пассажирской техники ГТЛК разработала инвестиционный проект с привлечением средств ФНБ. Он рассчитан на 2023–2024 гг. и предусматривает заказ на отечественных заводах свыше 4,4 тыс. автобусов на общую сумму 73 млрд рублей.

Елена Колесникова рассказала о системе «СберТройка». Единая билетная система «СберТройки» на базе московских технологий и карты «Тройка» внедрена и работает в 24 регионах России: от Республики Карелия до Хабаровского края. Это позволяет жителям оплачивать проезд одним носителем – транспортной картой «Тройка» – в своём городе, а также в других регионах, где внедрена единая билетная система «СберТройки».

Константин Макиев рассказал о многофункциональных зонах дорожного сервиса (МФЗ) как новом формате размещения различных объектов дорожного сервиса на одной взаимосвязанной территории, обеспечивающей удовлетворение широкого круга потребностей и отвечающей высоким стандартам безопасности на скоростных автодорогах.

Требования Государственной компании к общей инфраструктуре МФЗ создают мощный импульс как для создания оператора магистральных пассажирских перевозок, так и для развития локальных перевозчиков.

Ольга Морозова проинформировала о пилотном проекте нового транспортного обслуживания как дополнения к городскому транспорту. Это сервис, который находится между классическим регулярным наземным транспортом и такси. В нём имеются не только стационарные объекты остановок, но и виртуальные остановки. Приложение «Московский транспорт» позволяет «заказать» автобус и доехать до места назначения с другими попутчиками. Среднее время в пути до остановки составляет 5–6 минут, автобусы курсируют по круговому маршруту. Решение о подаче транспортного средства принимается в режиме реального времени, исходя из нескольких алгоритмов: время ожидания (не должно превышать 13 минут), учёт времени от дома до остановки и рассадка. На данный момент проект тестируется на территории Новой Москвы.

В целях снижения количества ДТП внедряется и развивается система тахографического контроля, представляющая собой комплекс организационно-технических мер, направленных на обеспечение контроля за соблюдением водителями транспортных средств режимов труда и отдыха и маршрута движения. Главной целью системы тахографического контроля является повышение безопасности дорожного движения и снижение аварийности за счёт обеспечения соблюдения водителями установленных режимов труда и отдыха, скоростного режима посредством используемых средств объективного контроля – тахографов.

Андрей Земцев в свою очередь рассказал о планах ФБУ «Росавтотранс». Агентство рассматривает вопрос создания информационной системы, направленной на решение большинства задач не только агентства, но и всего автотранспортного комплекса России. Цель создания информационной системы – создание глобальных информационных систем, позволяющих поднять работу автотранспортного комплекса на новый уровень. Исходя из вызовов, которые ставит текущая ситуация, основными показателями для создания единого центра компетенций автомобильного транспорта

является сбор и анализ информации, оценка обеспечения населения услугой по перевозке на регулярных межрегиональных маршрутах, обеспечение прозрачности пассажиропотока с учётом фактического исполнения регулярных межрегиональных рейсов, создание эффективного мониторинга за деятельностью иностранных перевозчиков на территории России с целью обеспечения конкурентоспособности российских перевозчиков, создание сети регулярных маршрутных перевозок опасных грузов, не требующих согласования, снижение затрат бизнеса.

Модернизация общественного и городского электротранспорта

17 ноября 2022 года состоялся круглый стол «Транспортные реформы в городах России – что можно считать реформой и какое место должен занимать горэлектротранспорт в транспортной системе города». Участники мероприятия обсудили программы модернизации и пути развития предприятий городского электрического транспорта в городах РФ, а также реформу общественного транспорта.

В конференции приняли участие заместитель директора Департамента госполитики в области автомобильного и городского пассажирского транспорта Минтранса России Роман Кильдюшкин, руководитель проектного офиса ВЭБ.РФ по городскому транспорту Александр Кондрашов, представители академического сообщества и отраслевые эксперты.

Роман Кильдюшкин подчеркнул в своём докладе, что задача развития общественного транспорта имеет особое социальное значение. Он рассказал, что в городах общественным транспортом пользуется не менее половины жителей. «Наша работа как Минтранса направлена на то, чтобы доля общественного транспорта не падала, а росла. Такой постулат закреплён в Транспортной стратегии. Предполагается увеличение доли поездок на общественном транспорте в городах с 54 до 69 % как за счёт повышения качества услуг пассажирских перевозок, так и за счёт их привлекательности», – отметил замдиректора.

Минтрансом совместно с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти сформирована единая комплексная

программа модернизации общественного транспорта, включающая семь мероприятий.

На программу льготного лизинга АО «ГТЛК» до 2024 года предусмотрено порядка 10 млрд рублей, за счёт которых планируется поставить 1161 транспортное средство включая городской электротранспорт. Масштабирующий данную программу инвестиционный проект АО «ГТЛК» предусматривает привлечение средств ФНБ и внебюджетных источников. Согласно проекту, в регионы планируется поставить до 2024 года более 2,5 тыс. транспортных средств. На развитие инфраструктуры для городских электричек в семи агломерациях РФ ОАО «РЖД» планирует направить в рамках своей инвестпрограммы 155,4 млрд рублей. Предусмотрены как закупка подвижного состава, так строительство и реконструкция железнодорожной инфраструктуры. Это позволит улучшить транспортную доступность в регионах. Кроме того, в федеральном проекте аналитически учтены мероприятия других органов власти: Минстроя («Инфраструктурное меню»), Минприроды («Чистый воздух»), Минвостокразвития («ГП «Социально-экономическое развитие ДФО»). Суммарно по этим проектам планируется поставка более 1,2 тыс. транспортных средств.

Отмечена важность комплексного развития городского электротранспорта. «Эти проекты комплексные и предусматривают как обновление подвижного состава и модернизацию инфраструктуры, так и сопутствующей прилегающей территории. В 2022 году Правительством России поддержана реализация таких проектов по модели концессии с субсидированием из федерального бюджета. Основную долю составляют внебюджетные источники. Общий объём инвестиций с учётом федеральных средств составляет более 260 млрд рублей. Субъектами совместно с Минтрансом и ВЭБ.РФ подготовлено 11 комплексных проектов, согласно которым предусмотрена поставка более 900 ТС, модернизация более 620 км путей. На эти цели из федерального бюджета уже заложено направление в 2023–2025 гг. более 77,5 млрд рублей», – рассказал представитель Минтранса. В целях выполнения главной задачи, а именно повышения комфортности транспортного обслуживания



граждан, предусмотрено оборудование более 1 тыс. крытых остановочных павильонов с навигационными табло, оснащение трамвайных путей пешеходными ограждениями и освещением. Планируется также создание цифровых платформ управления общественным транспортом, которые будут включать в себя контроль за работой перевозчиков и учёт пассажиров, информирование пассажиров и мобильное приложение.

Один из основных принципов – необходимость обеспечить качественное транспортное планирование в субъектах РФ. Все 11 проектов в обязательном порядке были рассмотрены на экспертном совете на площадке Минтранса, в рамках межведомственной рабочей группы с участием Правительства РФ, Минфина, Минэкономразвития и Минтранса и на наблюдательном совете ВЭБ.РФ. Примером реализации таких проектов стал Таганрогский трамвай – за два года полностью модернизированы инфраструктура и подвижной состав, поставлены 50 трамваев, построены 45 км путей и 102 остановки. Уже сейчас открыто движение по шести маршрутам.

Накануне на заседании Совета Федерации был одобрен законопроект, предусматривающий ответственность субъектов РФ за разработку региональных транспортных планов и стандартов транспортного обслуживания населения. «Появление таких документов – важный шаг к качественному транспортному планированию. При разработке требований к региональным стандартам, которые будут утверждаться Правительством, будем учитывать имеющийся опыт реализации проектов», – заключил представитель Минтранса. В настоящее время ведётся обширная работа по обновлению научно-технической документации, разрабатываются новые национальные стандарты для ГЭТ. Это позволит не только повысить экономическую эффективность транспорта, но и убрать устаревшие требования, которые мешают оперативному внедрению новых технологий.

Минтранс России совместно с заинтересованными органами власти готов в 2023 году обеспечить разработку новой программы по модернизации городского электротранспорта.

Александр Кондрашов выделил основной критерий успешного комплексного

проекта – это переход к управлению мобильностью, в котором транспортное планирование соединяется с управлением дорожным движением, с обязательным учётом средств индивидуальной мобильности как участников дорожного движения. По мнению спикера, необходимо создать единую федеральную программу поддержки транспортных реформ с обязательным контролем расходования средств, внести изменения в Федеральный закон № 220 «Об организации регулярных перевозок» и при поддержке Минтруда и ФНС внедрить меры по «обелению» отрасли. Без реальной честной конкуренции на рынке перевозок невозможно выстроить правильную транспортную систему, заметил руководитель проектного офиса ВЭБ.РФ.

Спикер также добавил, что в проработке у ВЭБ.РФ находятся пять троллейбусных проектов, которые будут реализованы с помощью инструмента инфраструктурных облигаций.

Директор Академии ИТС Российского университета транспорта Екатерина Брызгина рассказала, что Академия занимается рядом задач научной, методологической, просветительской направленности, связанных с транспортным планированием. В структуре Академии создан центр развития городских транспортных систем. Для решения возникающих задач Академия организует новые образовательные программы, в том числе для восполнения недостатка квалифицированных кадров в регионах, необходимых для планирования и проведения транспортной реформы. На сегодняшний день реализуются программы ДПО, в ближайшем будущем откроются программы ВО.

Участники дискуссии отметили важность устранения излишнего дублирования маршрутов, правильной организации движения, администрирования приоритетных условий, в том числе выделенных полос, контроля скорости движения при проведении транспортной реформы. Необходимо выстраивать систему взаимоотношений между властью, перевозчиками и гражданами и применять пассажироцентричный подход. Были высказаны предложения о создании единого консолидированного органа управления реформой, переформатировании мер поддержки в зависимости от целей

региона и пожелания расширить охват мероприятий, дав возможность городам-миллионникам войти в единую комплексную программу.

Международное транспортное сотрудничество

17 ноября 2022 года прошла пленарная дискуссия «Международное транспортное сотрудничество-2022. Новые направления, тренды, результаты». В мероприятии приняли участие заместитель Министра транспорта РФ Дмитрий Баканов, Министр транспорта и коммуникаций Республики Союз Мьянма Адмирал Тин Аун Сан, первый заместитель руководителя Федеральной таможенной службы Руслан Давыдов, член Коллегии (Министр) по энергетике и инфраструктуре Евразийской экономической комиссии Арзыбек Кожошев, помощник председателя ЕЭК Максим Галл, первый заместитель генерального директора ОАО «РЖД» Сергей Павлов, президент Фонда «Центр стратегических разработок» Владислав Онищенко и председатель Совета директоров транспортной группы FESCO Андрей Северилов. Кроме того, в режиме телемоста к дискуссии присоединились статс-секретарь – заместитель Министра транспорта РФ Дмитрий Зверев и заместитель Министра цифрового развития и транспорта Азербайджанской Республики Рахман Гумматов. Модератором дискуссии выступил Генеральный секретарь Координационного совета по трансъевразийским перевозкам (КСТП) Геннадий Бессонов.

Дмитрий Зверев подчеркнул, что любые препятствия – это новые возможности. Сейчас важно развивать сквозные логистические сервисы на основных международных коридорах. По его словам, дружественным странам необходимо модернизировать транспортную инфраструктуру, внедрять режимы, упрощающие осуществление транзитных перевозок, а также совместно администрировать маршруты транспортных коридоров.

В свою очередь Рахман Гумматов отметил, что намечается подписание соглашения о синхронизированном развитии пунктов пропуска на границе России и Азербайджана. «Это нам даст в будущем возможность синхронно и в согласованном порядке развивать наши пограничные переходы. Ведь

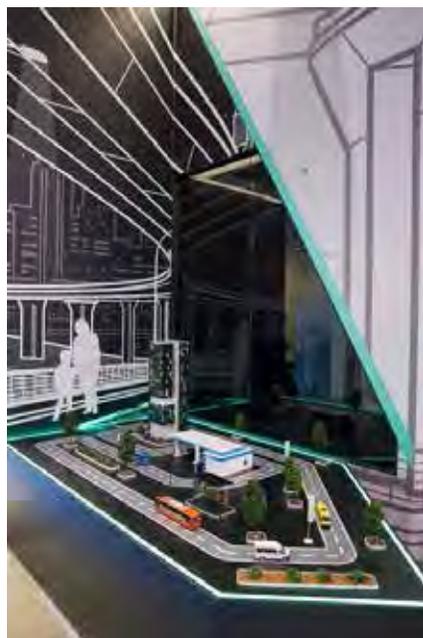
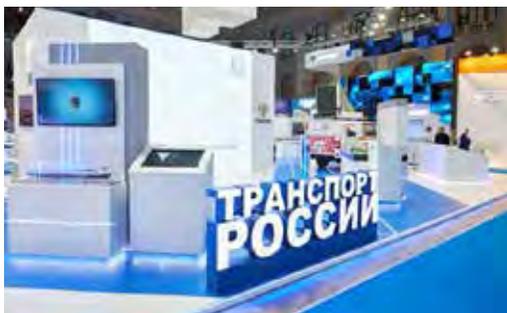
у нас большие планы до 2030 года не только по двусторонним перевозкам, но и по транзитным, которые мы рассчитываем увеличить до 15 млн тонн. Это, конечно же, требует серьёзного подхода, в том числе в сфере технологических решений», – сообщил он.

Владислав Онищенко проинформировал, что в настоящее время продолжается тренд на цифровизацию. Большой упор будет сделан как на автоматизированные системы передачи данных, так и ускорение информационного обмена. В торговых отношениях кроме обмена электронными данными важно ещё сопровождение грузов. Поэтому сейчас осуществляется применение электронных навигационных пломб для отслеживания перевозок. Необходимо также использовать новые транспортные каналы, развивать вспомогательные международные финансовые сервисы и сервисы страхования, переходить на расчёт в национальных валютах.

Более подробно об использовании электронных навигационных пломб при пересечении государственных границ рассказал Дмитрий Баканов. «Если есть доверенная сторона, которая занимается сборкой для грузоотправителя и есть уверенность в сохранности грузов при транспортировке, то к нему должно быть применено меньше проверочных контрольных процедур. Данная технология стартовала три года назад, когда мы осуществляли транзит с Запада в третьи страны. Сейчас мы переориентируем эти технологии на параллельный импорт с юга, – сообщил он. – Мы также занимаемся переводом товаросопроводительных документов в электронный вид. Количество бумаги, которое оформляется на грузы, замедляет процесс всех взаимодействий. В России в сентябре этого года вступил в силу Федеральный закон, который позволяет транспортную накладную оформить в электронном виде. В 2023 году мы даём участникам рынка поработать на условиях добровольного использования данной системы, а с 2024 года начнём вводить отраслевой императив».

Заместитель министра уведомил о создании интеллектуального пункта пропуска через госграницу. Данная система позволит государственным органам, задействован-





ным в работе погранпунктов, максимально быстро и бесшовно производить информационный обмен по всем процессам. До конца этого года один из элементов интеллектуального пункта пропуска будет реализован. Это электронная очередь при пересечении госграницы, которая позволит оптимизировать основные транспортные потоки.

Максим Галл проинформировал о проекте, который реализуется ЕЭК – формирование «витрин» национальных сервисов экосистем цифровых транспортных коридоров. Он объединяет в себе синхронизацию форматов, внедрение цифровых сервисов, предоставление возможности публикации этих сервисов для доступа и формирования единой цифровой логистической среды для всех участников процесса перевозки.

О проекте «Евразийский Агроэкспресс» подробно рассказал Арзыбек Кожошев. Проект направлен на развитие экспорта сельскохозяйственной продукции производителей государств – членов ЕАЭС в Китай, Узбекистан, Иран и другие страны Юго-Восточной и Центральной Азии с использованием интеграционной составляющей на маршрутах.

По словам Руслана Давыдова цифровизация важна для ускорения и упрощения таможенных процедур. «Более трети всех деклараций на товары у нас выпускается

полностью в автоматическом виде, без участия должностных лиц таможни. Это не только позволяет нам маневрировать ресурсами, но и серьезно ускоряет процесс», – добавил он.

Сергей Павлов заявил, что сейчас происходит глобальная трансформация всего перевозочного процесса. И ОАО «РЖД» принимает активное участие в формировании новых маршрутов, коридоров.

Адмирал Тин Аун Сан призвал российских партнеров развивать транспортный коридор «Север–Юг», который связывает страны – члены АСЕАН и Россию. Эффективные логистические цепочки будут способствовать экономическому развитию стран.

Совет руководителей уполномоченных органов государств – членов Евразийского экономического союза в области транспорта

16 ноября состоялось шестое заседание Совета руководителей уполномоченных органов в области транспорта государств-членов Евразийского экономического союза. Участие в мероприятии принял статс-секретарь – заместитель Министра транспорта Российской Федерации Дмитрий Зверев.

В рамках Совета участники заседания обсудили исполнение мероприятий дорожной карты по реализации транспортной политики Союза на 2021–2023 годы.

Состоялся обмен мнениями об итогах работы транспортных комплексов государств – членов ЕАЭС, совершенствовании нормативной правовой базы, а также применении в Союзе навигационных пломб для отслеживания перевозок.

Стороны информировали о степени готовности к реализации общего процесса № 46 «Информационное обеспечение транспортного (автомобильного) контроля на внешней границе Евразийского экономического союза».



Отмечено, что в соответствии с графиком в 2023 году председательство в Совете руководителей перейдёт российской стороне.

Значение для российской экономики торговли со странами Азии и способность транспорта её обеспечить

17 ноября 2022 года по предложению Общественного совета при Минтрансе России прошла сессия «Заря с Востока»: значение торговли со странами Азии для российской экономики и способность транспорта её обеспечить». Участники дискуссии обсудили достигнутые результаты в перераспределении внешнеторговых связей на восток, выявившиеся проблемы дальнейшего расширения объёмов перевозок и достаточность реализуемых в настоящее время мер по их преодолению, подходы к учёту макроэкономических эффектов от развития пропускных мощностей и пути достижения баланса интересов экспортёров и импортёров в условиях ограничений на транспортной инфраструктуре. Модератором сессии выступила первый вице-президент Фонда «ЦСР», председатель Общественного совета при Минтрансе Татьяна Горовая.

В конференции приняли участие директор Департамента стратегического развития Минтранса Артур Карлов, первый зампред-



седателя правления ГК «Автодор» Игорь Коваль, замгендиректора ОАО «РЖД» Алексей Шило, другие представители отрасли.

«Минтрансом ведётся работа по приоритизации тех проектов, которые направлены на расшивку инфраструктуры на восточном, южном и каспийском направлениях. Наша задача в условиях большой неопределённости состоит в том, чтобы транспортная инфраструктура не стала бутылочным горлышком для экономики, – для этого необходимо сформировать пакет документов стратегического транспортного планирования», – отметил в своём выступлении Артур Карлов. Он рассказал, что в условиях новой реальности приходится опираться на месячные статистические данные. По тем данным, которые озвучиваются в открытом пространстве, торговый оборот с западными странами сейчас не превышает 30 %. Рост торговли с Китаем за восемь месяцев достигает 33 %, в отношении прикаспийских государств – порядка 20 %, с Турцией, по предварительным оценкам, увеличился практически в два раза.

В Восточном направлении вопросы планирования связаны с развитием железнодорожной инфраструктуры и провозной способности Восточного полигона, а также с дальнейшим строительством морских терминалов, пояснил представитель Минтранса. На Каспийском направлении в приоритете работа по развитию пунктов пропуска, большая работа ведётся на российско-азербайджанской границе, в этом году были открыты 12 полос движения на границе с Грузией в пункте пропуска «Верхний Ларс». В направлении Азово-Черноморского бассейна в рамках Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры планируется развитие подходов к портам региона. По мере поступления новых судов торгового флота, фрахта и контрактации роль Азово-Черноморского бассейна в том, чтобы перетягивать на себя грузы с Дальнего Востока, будет только возрастать, подчеркнул спикер. На Северо-Западе сейчас наблюдается некоторое восстановление динамики по погрузке, что связано с приходом генеральных грузов.

Чтобы соответствовать задачам, в том числе по перевозке несырьевого и энергетического экспорта с доступом на новые

рынки, все эти тезисы должны найти отражение в документах планирования, которые Минтранс вместе с отраслью будет готовить, резюмировал директор департамента.

Игорь Коваль проинформировал о ходе строительства федеральной трассы М-12 «Москва–Казань». Масштабная работа ведётся на всех участках дороги, движение планируется открыть в 2023 году. На текущий момент на стройке на всех восьми этапах работает порядка 25 тыс. человек и около 7 тыс. единиц техники. В планах ГК «Автодор» – дойти до Екатеринбурга уже в 2024 году. В настоящее время госкомпанией ведётся технико-экономическое обоснование строительства Юго-западной хорды и трассы «Меридиан». Для обеспечения потребностей компании в дорожно-строительной технике создана лизинговая компания «Автодор-Лизинг», к 2024 году необходимый объём техники оценивается в 30 тыс. единиц. «Нами планируется работа по организации поставок дорожно-строительной техники из дружественных стран. Мы видим мощную поддержку Минтранса России и курирующего заместителя Председателя Правительства», – подчеркнул Игорь Коваль.

По оценке Алексея Шило в настоящее время уже нет активного поиска новых маршрутов, усилия направлены на то, чтобы нарастить объёмы перевозок на существующих направлениях. «Мы неплохо нарастили объёмы перевозок с дружественными странами (+17 %), включая не только экспорт, но импорт и транзит. В восточном направлении объёмы перевозок на железной дороге выросли на 2 %», – сказал он. Наблюдается востребованность восточного направления для внутрироссийского сообщения, перевозка таких грузов выросла на 9 %. С начала года экспортные контейнерные перевозки в восточном направлении выросли более чем на 30 %, сюда вошли бумажная продукция, целлюлоза, химикаты, металлоконструкции, растительное масло и продукты питания – в основном это грузы, для которых закрылись западные рынки. Отмечается большой рост заявок на перевозку. С начала года наблюдается прирост легковесных контейнерных поездов в восточном направлении с 7 до 10 %. Количество соединённых контейнерных поездов выросло на 40 %, активно закупается тяга, с июня 2022 года начались пе-

ревозки поездов в 8 тыс. тонн, с 1 августа – весом в 14,2 тыс. тонн.

Замгендиректора ОАО «РЖД» особо выделил, что корректно говорить об имеющихся резервах. В их числе – грамотное использование имеющейся инфраструктуры, порожние пробеги контейнеров в восточном направлении и предоставление новых тарифных решений. В 2022 году были оптимизированы технологические схемы погрузки контейнеров в полувагоны на припортовых станциях, что значительно сократило время погрузки – до 20 минут. «Мы видим потенциал Восточного полигона в возможности осваивать рокадные направления и организовать передачу грузов через железнодорожные переходы в сопредельные государства. Минтранс России проводит большая работа, созданы дорожные карты по реализации инфраструктурных и технических проектов по развитию МТК», – завершил своё выступление Алексей Шило.

Президент ООО «Центр экономики инфраструктуры» Владимир Косой акцентировал внимание на задаче поиска баланса между перевозкой генеральных грузов и грузов с высокой добавленной стоимостью, т.е. контейнеров.

Транспортное сотрудничество России и Монголии

Статс-секретарь – заместитель Министра транспорта Дмитрий Зверев и заместитель Министра транспорта Игорь Чалик провели 17 ноября 2022 года переговоры с Министром развития дорог и транспорта Монголии Сандагом Бямбаогтом.

В целях повышения эффективности и обеспечения безубыточности деятельности АО «УБЖД» стороны обсудили и подтвердили необходимость своевременной индексации тарифов АО «УБЖД» в рамках утверждённой правлением Общества Среднесрочной тарифной политики АО «УБЖД» до 2025 года.

Достигнута договорённость о разработке Комплексной стратегии развития АО «УБЖД» на перспективу до 2050 года в увязке с планами развития транспортной системы Монголии. Стратегия будет учитывать реализацию новых железнодорожных проектов в Монголии и примыкание новых линий к сети АО «УБЖД», а также оптими-

зацию формата управления объектами социальной инфраструктуры и непрофильными активами. Предусмотрен паритет деятельности сторон и направленность инфраструктурного развития в интересах АО «УБЖД». Также предлагается зафиксировать механизмы паритетной передачи грузов российских и монгольских экспортёров на монгольско-китайском железнодорожном погранпереходе Замын-Ууд–Эрлянь.

Кроме того, на встрече обсуждались новые железнодорожные маршруты из России в Китай транзитом через территорию Монголии, инфраструктурные проекты Монголии.

Монголия и Россия являются надёжными транспортными партнёрами. Рост перевозок и новые направления сотрудничества являются показателями не только для двусторонних отношений, но и совместной работы на международном транспортном рынке.

Транспортный совет Расширенной туманганской инициативы

17 ноября 2022 года под председательством Российской Федерации состоялось 11-е заседание Транспортного совета Расширенной туманганской инициативы (РТИ). Страны-участницы РТИ (Китай, Монголия, Россия, Республика Корея) представили национальные доклады о реализации Региональной транспортной стратегии РТИ.

В своём выступлении российская делегация отметила, что Транспортной стратегией Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года предусмотрено ускоренное развитие участков международных транспортных коридоров, проходящих по территории России. Были представлены меры по совершенствованию инфраструктуры международных транспортных коридоров «Приморье-1» и «Приморье-2».

Российская сторона обратила внимание зарубежных партнёров на проекты по модернизации Транссибирской и Байкало-Амурской железнодорожных магистралей, а также развитию морских портов Дальневосточного бассейна. Перед российским транспортным комплексом стоит задача увеличения провозной способности магистралей до 180 млн тонн к 2024 году и наращивания мощностей портов Дальнего Востока. В настоящее время мощности портов оцениваются в 290 млн тонн грузов в год, до 2025 года их предполагается увеличить на 60 млн тонн, к 2030 году – более чем на 100 млн тонн.



Российская делегация представила отечественный опыт применения электронных навигационных пломб, использования беспилотных транспортных средств. Особое внимание акцентировано на преимуществах использования передовых технологий в перевозочном процессе – повышение качества транспортно-логистических услуг, обеспечение «бесшовных» внутренних и международных перевозок, а также их надёжности и безопасности.



Российская сторона информировала страны-участницы РТИ о подписании в рамках Евразийского экономического союза Соглашения о применении навигационных пломб для отслеживания перевозок.

В контексте обсуждения перспективных направлений взаимодействия в рамках РТИ российская делегация выступила с инициативами о налаживании сотрудничества по внедрению автономного судовождения, а также применению технологий ГЛОНАСС для обеспечения сохранности грузов при мультимодальных перевозках. С презентациями о данных инициативах выступили эксперты из АНО «Отраслевой центр МАРИНЕТ» и АО «ГЛОНАСС».



Далее председательство в Транспортном совете РТИ перешло к Китаю.

Итоговая дискуссия «Транспортной недели-2022»



Заключительным мероприятием «Транспортной недели-2022» стала итоговая пленарная дискуссия, в которой приняли участие заместители министра транспорта Игорь Чалик, Василий Десятков, Валентин Иванов, Александр Пошивай и директор Департамента международного сотрудничества Алексей Сапетко. Были обобщены результаты дискуссий, состоявшихся на полях форума.



Открывая мероприятие, Игорь Чалик подчеркнул, что проекты, которые были представлены на полях Транспортной недели, а также принятые решения окажут непосредственное влияние на будущее транспортной отрасли и на жизнь каждого гражданина.

Александр Пошивай подробно рассказал об основных итогах прошедших дискуссий в части водного транспорта. «С марта текущего года осуществляет свою деятельность рабочая группа Минтранса России, которая занимается переориентацией грузов на новые направления. Работа, которую мы провели, позволила практически сохранить грузооборот портов. В Азово-Черноморском бассейне нам удалось его поднять на 3%. И те контейнерные линии, которые временно были утрачены из-за ухода мировых лидеров контейнерных перевозок, сейчас восстанавливаются», – сообщил он. – Нам удалось сохранить транспортную доступность Калининградской области. В марте текущего года там ходили три судна, на сегодняшний день – 15, в конце ноября планируется увеличить до 18 судов».

В свою очередь Валентин Иванов отметил, что большое внимание уделяется развитию городского железнодорожного транспорта. В настоящее время реализуются девять проектов в девяти агломерациях. Яркий пример – это реализация Московских центральных диаметров. Речь шла и о развитии Восточного полигона. «В 2013 году мы перевозили

97 млн тонн в год, сейчас наши планы и перспективы развития касаются 255 млн тонн в год. Это колоссальный рост», – заявил он.

Василий Десятков проинформировал об объектах, строящихся в рамках реализации проекта международного транспортного коридора «Север–Юг». В частности, речь шла о железнодорожных подходах к Новороссийскому морскому порту и ближних подходах к морскому порту Лавна.

**По материалам пресс-центра
Министерства транспорта
Российской Федерации:**

- <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10491>;
- <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10492>;
- <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10505>;
- <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10493>;
- <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10503>;
- <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10502>;
- <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10501>;
- <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10499>;
- <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10500>;
- <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10497>;
- <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10495>;
- <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10507>;
- <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10513>;
- <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10512>;
- <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10511>;
- <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10510>;
- <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10509>;
- <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10508>;
- <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10515> ●





Оптимизация ресурсов распределённых производственных процессов с использованием имитационного моделирования



Дарья ШКОЛИНА



Александр АДАДУРОВ



Сергей БЕХЕР

Дарья Ивановна Школина¹, Александр Сергеевич Ададуров², Сергей Алексеевич Бехер³

^{1,3} Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия.

² ООО «ВНИИЖТ-Инжиниринг», Санкт-Петербург, Россия.

✉ ¹ dashashkolina@mail.ru.

АННОТАЦИЯ

Процессы неразрушающего контроля в технологическом цикле вагоноремонтного предприятия в значительной степени определяют безопасность объектов железнодорожного транспорта. Наиболее эффективные способы управления такими процессами могут быть определены только в результате имитационного моделирования, позволяющего оценить устойчивость работы производственной системы в широком спектре как внешних условий, так и внутренних факторов.

Цель работы – создание способа оптимизации ресурсов распределённых производственных процессов неразрушающего контроля вагоноремонтного дела на основе имитационного моделирования для уменьшения вероятности останки производственного цикла и снижения необоснованных затрат предприятия.

Рассмотрены особенности неразрушающего контроля как этапа технологического цикла предприятия, проанализирована информация о квалификации специалистов вагоноремонтной компании. В работе позиции неразрушающего контроля и контролируемые детали описываются и анализируются в рамках теории массового обслуживания. Для

оптимизации подразделения неразрушающего контроля используется имитационное моделирование, а для обработки результатов моделирования применяются методы математической статистики и корреляционный анализ.

Построена модель подразделения неразрушающего контроля с постами на участках по ремонту деталей автосцепного устройства и тележки вагона, колёсных пар. Предложена схема управления производственным персоналом, являющаяся основой оптимизации организационной структуры подразделения неразрушающего контроля.

В результате моделирования установлены требования к квалификации дефектоскопистов вагонного ремонтного дела. Показано, что оптимальная стратегия развития подразделения должна быть направлена на обеспечение универсальной квалификации работников, при которой они обладают необходимыми компетенциями для выполнения работ на всех позициях контроля. Это позволит повысить средний коэффициент занятости дефектоскопистов с 0,34 до 0,45, а среднее время задержки детали на позиции уменьшить с 650 % до 150 % от нормативного времени.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, имитационное моделирование, производственный процесс, неразрушающий контроль, организация производства, оптимизация, дефектоскопия.

Для цитирования: Школина Д. И., Ададуров А. С., Бехер С. А. Оптимизация ресурсов распределённых производственных процессов с использованием имитационного моделирования // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 6 (103). С. 56–63. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-6>.

Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
 The full text of the article in English is published in the second part of the issue.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивный путь развития современных производственных систем требует непрерывного анализа и оптимизации технологических процессов за счёт сокращения задержек между технологическими операциями, минимизации непроизводственных затрат и снижения вероятности нарушения технологических циклов [1; 2]. На этапах организации производственных процессов и принятия управленческих решений достаточно часто возникает необходимость изучения и описания структур производственных систем, определения их внутренних взаимосвязей и влияния внешних факторов [3–5]. Эксперименты с производственными процессами действующих предприятий нецелесообразны, а часто невозможны, так как в краткосрочной перспективе затраты могут во много раз превысить планируемый положительный экономический эффект.

Распространённым способом изучения процессов всех типов является имитационное моделирование, направленное на исследование законов поведения сложных техни-

ческих систем и прогнозирование их развития [6–9]. Моделирование позволяет определить наиболее эффективные способы управления за счёт опробования разных воздействий на систему в широком спектре как внешних условий, так и внутренних факторов [10–16].

Всё это приобретает особое значение для сложных процессов, встроенных в технологический цикл и распределённых по разным участкам предприятия, входы которых описываются случайными величинами. Характерным примером таких процессов является неразрушающий контроль (далее НК), от достоверности результатов которого напрямую зависит безопасность объектов железнодорожного транспорта.

Цель исследования заключается в разработке способа оптимизации ресурсов распределённых производственных процессов неразрушающего контроля вагоноремонтного депо на основе имитационного моделирования, направленного на снижение вероятности остановки производственного цикла и непроизводственных затрат предприятия.

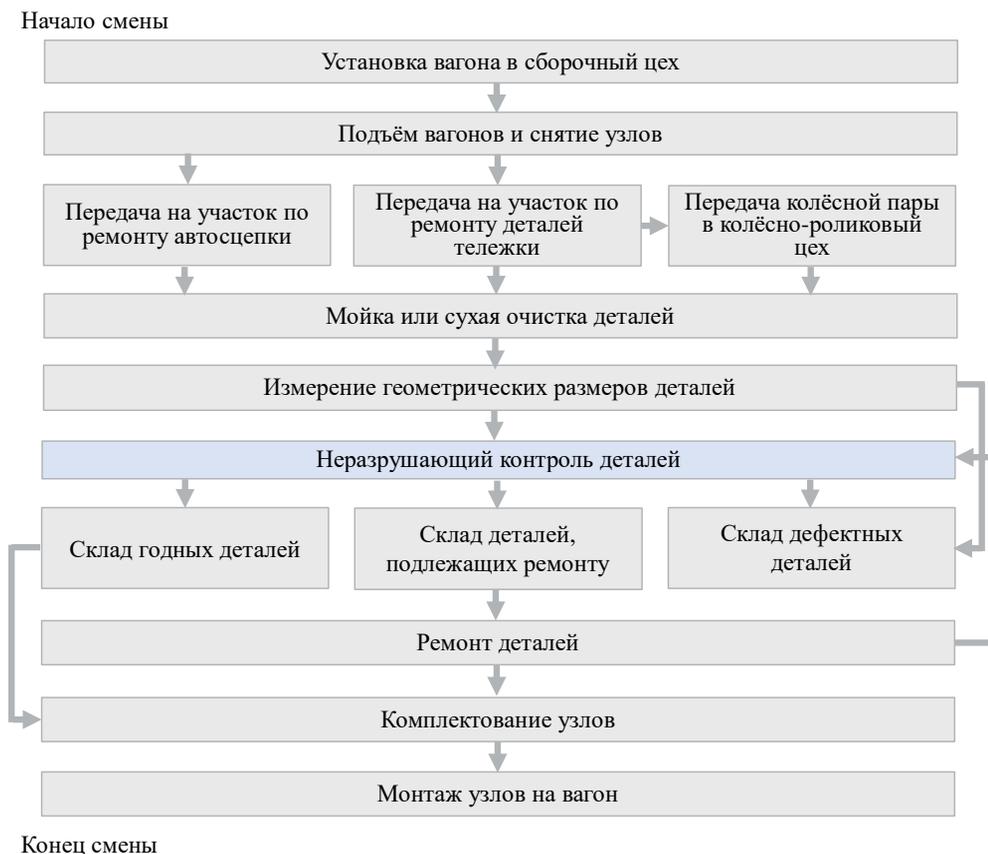


Рис. 1. Укрупнённая схема технологического цикла ремонта грузовых вагонов [выполнено авторами].



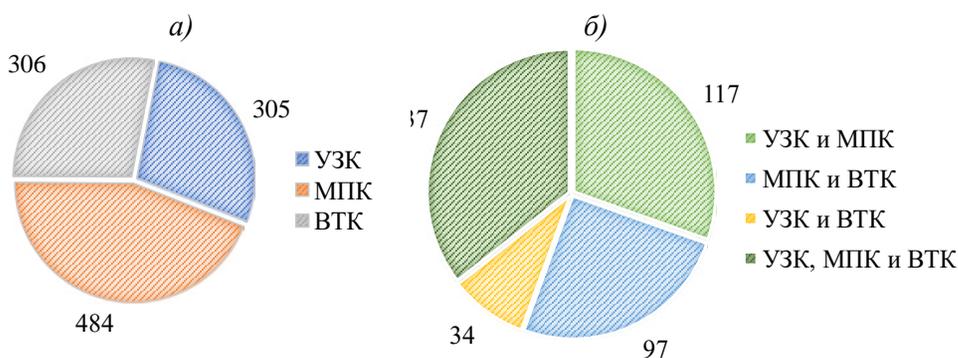


Рис. 2. Распределение дефектоскопистов по методам контроля [выполнено авторами].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Технологический цикл предприятия

Функционирование вагонного хозяйства основано на плано-предупредительной системе ремонтов, которая включает в себя техническое обслуживание, текущий, деповской и капитальный виды ремонтов.

В общем виде процесс деповского ремонта состоит из следующих этапов: установка вагона в вагоноборочный участок, выкатка тележки из-под вагона, снятие узлов и передача деталей на ремонтные участки (рис. 1). Ремонт грузовых вагонов включает в себя НК, основная цель которого заключается в своевременном обнаружении дефектов в узлах и деталях, направленном на уменьшение рисков отказа или аварий подвижного состава в эксплуатации.

Процесс НК реализуется в структурных подразделениях предприятий: на производственных участках, в лабораториях, цехах. Основная сложность управления подразделением НК связана с распределённостью позиций контроля по подразделениям основного производства: колёсно-роликовый цех, участки по ремонту деталей тележек вагона и автосцепного устройства.

Контроль проводят дефектоскописты, сертифицированные по одному или нескольким методам: магнитопорошковый (далее МПК), ультразвуковой (далее УЗК), вихретоковый (далее ВТК). Основные работы при этом не автоматизированы, и поэтому влияние человеческого фактора на результаты контроля является значительным. Дефектоскописты в работе рассматриваются как ресурсы производственной системы НК. В соответствии с действующей нормативной документацией дефектоскописты должны подтвер-

дить свою компетентность в уполномоченных квалификационных организациях путём прохождения процедуры сертификации в секторе «Железнодорожный транспорт» [17].

Проанализированы сведения о квалификации 834 дефектоскопистов 42 вагонных ремонтных депо (рис. 2). Наибольшее число специалистов сертифицировано по МПК, что коррелирует с распространённостью метода в соответствии с действующими нормами. Всего 16 % дефектоскопистов сертифицированы одновременно на три метода контроля. Квалификацию по двум методам подтвердили 30 % дефектоскопистов (рис. 2б).

С одной стороны, одновременная сертификация на несколько методов контроля увеличивает расходы депо, но при этом такая практика даёт возможность для более эффективного использования рабочего времени дефектоскопистов за счёт их универсальности. Такой подход нашёл применение на практике в отдельных депо, его слабая распространённость свидетельствует об отсутствии единой обоснованной стратегии внедрения этого организационного решения. С другой стороны, достоверность контроля напрямую зависит от квалификации дефектоскопистов, поэтому оптимизация трудовых ресурсов для выполнения ежедневного объёма контроля деталей грузовых вагонов является ключевой задачей как с точки зрения экономической целесообразности, так и с точки зрения безопасности подвижного состава.

Имитационное моделирование

Основная задача, решаемая при моделировании, заключается в определении эффективной стратегии организации контроля и требуемого для него оптимального количества дефектоскопистов и их квалификации

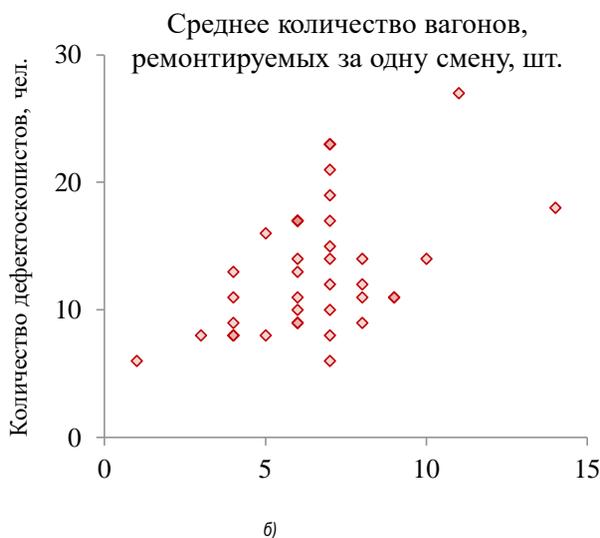
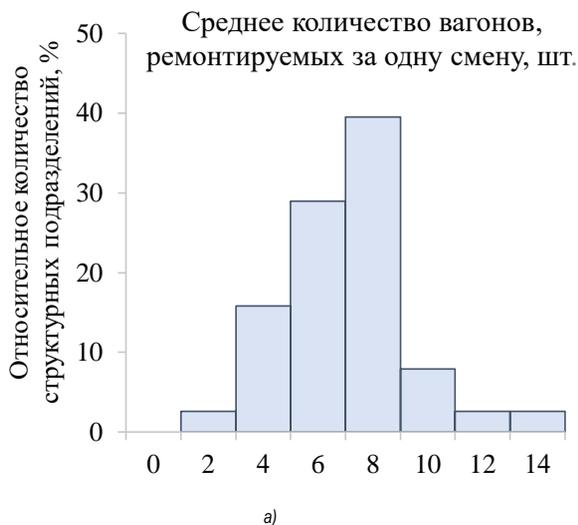


Рис. 3. Распределение вагоноремонтных предприятий (а) и дефектоскопистов (б) по объемам ремонта [выполнено авторами].

для безусловного выполнения ежемесных объёмов ремонта грузовых вагонов. Необходимая информация о ежемесной программе ремонта вагонов, трудоёмкости технологических операций, режиме работы предприятия получена в результате мониторинга технологических процессов депо.

Предприятия вагоноремонтной компании проводят в среднем ремонт семи вагонов за рабочую смену (рис. 3а), при этом количество сертифицированных специалистов практически не зависит от количества поступающих в ремонт вагонов (рис. 3б), коэффициент корреляции R не превышает 0,6. Таким образом, структурные подразделения, которые выполняют НК по идентичным технологиям и используют типовые средства контроля, не

имеют единой методики определения оптимального количества дефектоскопистов.

В рамках исследования создана имитационная модель всех позиций контроля на участках по ремонту деталей тележек, автосцепного устройства и колёсных пар вагонов. Исходная информация получена в результате наблюдения и анкетирования на вагоноремонтных предприятиях. Она включала ежемесное количество поступающих на позицию контроля деталей в течение рабочей смены, фактическое количество дефектоскопистов в смене и нормативное время на контроль одной детали. В модели ежемесное количество деталей, поступающих на позицию контроля, воспроизводилось генератором случайных чисел с нормальным законом



Участок по ремонту тележек

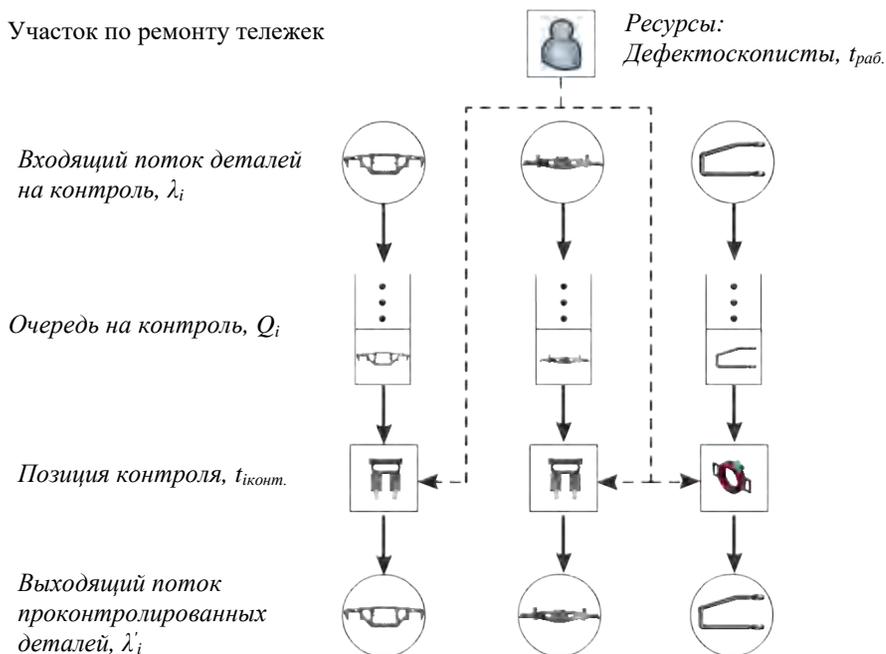


Рис. 4. Имитационная модель позиций контроля на участке по ремонту деталей тележки [выполнено авторами].

распределения. Необходимые для генератора случайных чисел средние значения количества деталей и их среднеквадратические отклонения определялись по исходной информации.

Модель производственного процесса содержит входящий поток деталей, поступающих на контроль, который характеризуется количеством деталей и временем поступления. Позиция НК описывается количеством деталей в очереди Q_i , временем контроля деталей определённого вида $t_{иконт}$ и количеством дефектоскопистов, сертифицированных на метод контроля (рис. 4). На выходе формируется поток проконтролированных деталей с интенсивностью λ'_i . В результате выполнения модели определяется среднее время задержки деталей на позициях контроля $t_{иконт}$ и среднее время занятости дефектоскописта $t_{раб}$.

Адекватность разработанной модели проверялась сравнением количества проконтролированных деталей в депо с количеством деталей, полученных в результате моделирования за рассматриваемый период. Погрешность по каждому типу деталей не превышает 10 %.

В качестве анализируемых параметров выбраны коэффициент занятости специалиста в течение рабочей смены и количество дета-

лей в очереди на контроль (рис. 5). Производительность дефектоскописта характеризуется средним коэффициентом занятости k_3 :

$$k_3 = t_{раб} / t_{см}, \quad (1)$$

где $t_{раб}$ – среднее время занятости дефектоскописта, ч;

$t_{см}$ – длительность рабочей смены, ч.

При заданных параметрах входного потока деталей параметры технологического процесса НК определяются схемой расстановки дефектоскопистов по рабочим местам. В реализации процесса с закреплением работников по позициям контроля (рис. 5а) наблюдается достаточно низкий средний за смену коэффициент занятости $k_3 \leq 0,34$ и, одновременно, нарушение технологического цикла предприятия, так как в конце смены остаются не проконтролированные детали от 2 до 15 штук (рис. 5б).

Реализация процесса с универсальными компетенциями дефектоскопистов (рис. 5в), позволяющими выполнять работы на всех позициях, повышает средний коэффициент занятости до $k_3 = 0,45$ и предотвращает срыв технологического цикла (рис. 5г).

Распределения коэффициента занятости дефектоскопистов по позициям контроля в двух рассмотренных реализациях процесса существенно различны (рис. 6). Например,

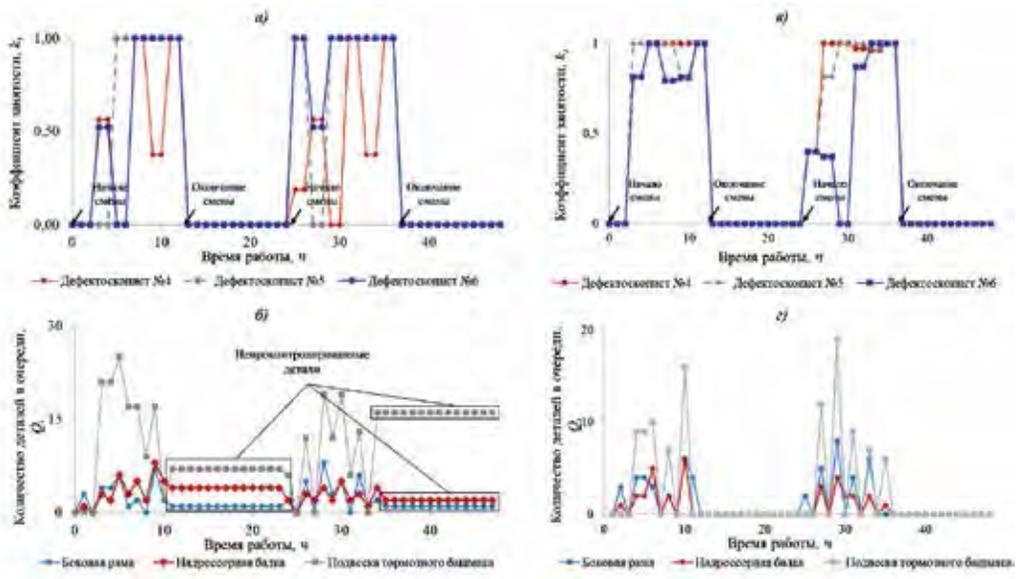


Рис. 5. Коэффициент занятости (а, в) и количество деталей в очереди на контроль (б, г) в течение времени работы на участке по ремонту деталей тележки: а, б – дефектоскописты закреплены на позициях контроля, в, г – дефектоскописты перемещаются между позициями [выполнено авторами].

в случае закрепления максимальная загруженность работников наблюдается на позиции текущего ремонта колёсных пар, на которой коэффициент занятости достигает $k_3 = 0,55$, а максимальная разница коэффициентов занятости на разных позициях составляет 0,45. При наличии у работников универсальных компетенций коэффициент занятости равномерно распределён между

дефектоскопистами, максимальная разница не превышает 0,1.

Для решения оптимизационной задачи введена целевая функция $f(b)$, которая равна отношению коэффициента занятости специалистов к коэффициенту задержки детали на позиции контроля:

$$f(b) = k_3 / k_{\text{дет}} \rightarrow \max, \quad (2)$$

где b – номер схемы кадрового состава;



Рис. 6. Средний коэффициент занятости дефектоскопистов на разных участках ремонта [выполнено авторами].



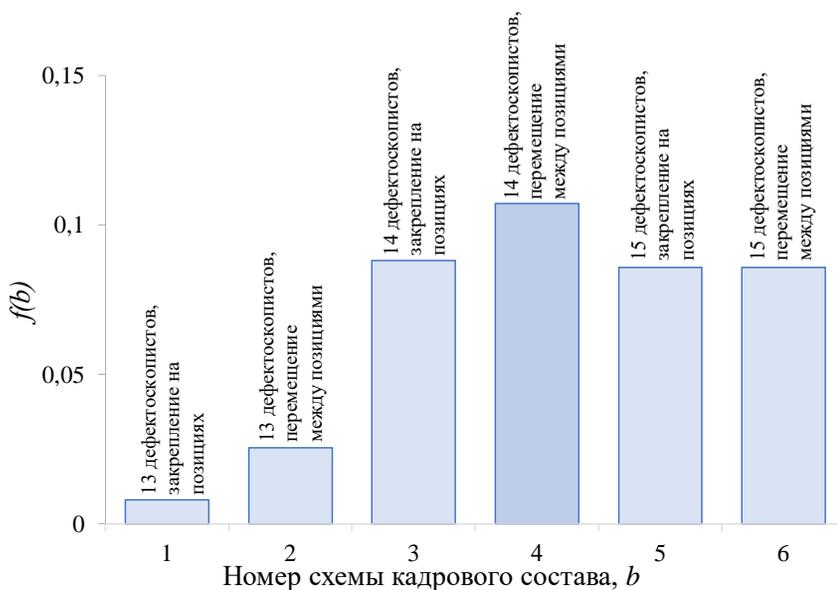


Рис. 7. График целевой функции [выполнено авторами].

$k_{\text{дет}}$ – коэффициент задержки детали на позиции контроля, равный отношению времени задержки детали на позиции НК к нормативному времени контроля.

Выбранная целевая функция управления трудовыми ресурсами подразделения НК направлена на сокращение времени задержки деталей на позиции контроля до нормативного значения и повышение коэффициента занятости специалистов. Изменяемыми параметрами задачи оптимизации являются число дефектоскопистов и их компетентность, которая позволяет или не позволяет им выполнять работы на определённых позициях контроля.

Рассмотрены шесть схем кадрового состава (рис. 7) для вагонного ремонтного депо с ежесменным объёмом ремонта от 6 до 8 вагонов. В схемах 1, 3, 5 – дефектоскописты закреплены на позициях контроля, 2, 4, 6 – дефектоскописты перемещаются с позиции на позицию по мере необходимости. Количество дефектоскопистов в схемах 1 и 2 составляет 13 человек, 3 и 4 – 14 человек, а в 5 и 6 – 15 человек. В схемах 1 и 2 из-за меньшего по сравнению с другими схемами количества работников наблюдается достаточно высокий коэффициент занятости, но при этом ежедневный объём работы не выполняется. При увеличении

количества дефектоскопистов до 15 в схемах 5 и 6 весь объём работы выполняется, но снижается коэффициент занятости и, следовательно, уменьшается производительность труда.

Наибольшие значения целевой функции соответствуют схемам 3 и 4 (рис. 7). При этом в схеме 3 с закреплёнными специалистами технологический цикл нарушается, так как не выполняется весь объём работы по НК отдельных деталей – колёсных пар вагонов. Максимум целевой функции получен для схемы 4, в которой специалисты способны выполнять контроль на любой рабочей позиции. Свободное перемещение специалистов между позициями позволяет повысить коэффициент занятости и уменьшить время задержки детали на проведение контроля при условии бесперебойной работы вагонного ремонтного депо.

ВЫВОДЫ

Проанализирована производственная среда подразделений НК в вагонной ремонтной компании и разработана имитационная модель сложного процесса, распределённого по участкам производства, направленная на оптимизацию ресурсов.

На основе имитационной модели производственного процесса НК определены требования

к квалификации дефектоскопистов вагонного ремонтного депо со средним объёмом ремонта семь вагонов. Моделирование показало, что оптимальной является стратегия, при которой специалисты сертифицированы на все методы контроля и обладают необходимыми компетенциями, это обеспечивает возможность свободного перемещения по подразделению НК и выполнения всего спектра работ. В результате оптимизации удалось повысить средний коэффициент занятости дефектоскопистов с 0,34 до 0,45, а среднее время задержки детали на позиции уменьшить с 650 % до 150 % от нормативного времени.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Большаков А. А., Слободянюк Л. А., Шашкина О. Е., Ковальчук Я. А. Системный анализ, математическое моделирование и оптимизация процесса формирования производственного расписания обработки металлоконструкций // Вестник технологического университета. – 2021. – № 7. – Т. 24. – С. 84–92. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46423726>. Доступ 16.12.2022.
2. Павлова Е. С., Кошелева Н. Н., Кошелева А. И. Комплексный подход к оптимизации решения некоторых транспортно-производственных задач предприятий // Азимут научных исследований: Экономика и управление. – 2020. – № 2 (31). – Т. 9. – С. 265–268. DOI: 10.26140/anie-2020-0902-0062.
3. Fessenmayra, F., Benferb, M., Gartnerb, P., Lanzab, G. Selection of traceability-based, automated decision-making methods in global production networks. *Procedia CIRP*, 2022, Vol. 107, pp. 1349–1354. DOI: 10.1016/j.procir.2022.05.156.
4. Fani, V., Antomarioni, S., Bandinelli, R., Bevilacqua, M. Data-driven decision support tool for production planning: a framework combining association rules and simulation. *Computers in Industry*, 2022, Vol. 144, 103800. DOI: 10.1016/j.compind.2022.103800 [ограниченный доступ].
5. Ito, A., Hagström, M., Bokrantz, J., Skoogh, A., Nawcki, M., Gandhi, K., Bergsjö, D., Barring, M. Improved root cause analysis supporting resilient production systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 2022, Vol. 64, pp. 468–478. DOI: 10.1016/j.jmsy.2022.07.015.
6. Nedeliaková, E., Štefancová, V., Kudláč, Š. Six Sigma and Dynamic Models Application as an Important Quality Management Tool in Railway Companies. *Procedia Engineering*, 2017, Vol. 187, pp. 242–248. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.371.
7. Ray, D., Ramirez-Marquez, J. A Framework for Probabilistic Model-Based Engineering and Data Synthesis. *Reliability Engineering & System Safety*, 2020, Vol. 193, 106679. DOI: 10.1016/j.res.2019.106679 [ограниченный доступ].
8. Шарнин Л. М., Кирпичников А. П., Нитшаев Р. А., Заляев Б. М., Васильев В. Д., Шайхутдинов Ш. А. Моделирование задачи производства изделий с помощью Anylogic // Вестник технологического университета. – 2019. – № 4. – Т. 22. – С. 153–157. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38071957>. Доступ 16.12.2022.
9. Рожкова Е. А., Ковригина И. В., Налабордин Д. Г. Разработка и моделирование автоматизированной линии ремонта колёсных пар // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – № 3 (67). – С. 32–40. DOI: 10.26731/1813-9108.2020.3(67).32-40.
10. Смирнов В. А. Оценка предельных параметров функционирования сложных технологических систем предприятий с общими производственными ресурсами // Транспорт Урала. – 2020. – № 3 (66). – С. 28–31. [Электронный ресурс]: <https://www.usurt.ru/download-document/10079> [полный номер]. Доступ 16.12.2022.
11. Банников Д. А., Сирина Н. Ф. Цифровая трансформация организации сервисного технического обслуживания и ремонта пассажирских вагонов // Современные наукоёмкие технологии. – 2021. – № 3. – С. 22–26. DOI: 10.17513/snt.38525.
12. Зубков В. В., Сирина Н. Ф. Совершенствование стратегического планирования методом моделирования транспортно-производственных процессов // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 4 (55). – С. 12–18. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44533406>. Доступ 16.12.2022.
13. Лакин И. К., Семёнов А. П. Использование технологии «Цифровой двойник» при управлении ремонтом локомотивов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – № 3 (63). – С. 89–98. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.3(63).89-98.
14. Erasmus, J., Vanderfeesten, I., Traganos, K., Grefen, P. Using business process models for the specification of manufacturing operations. *Computers in Industry*, 2020, Vol. 123, 103297. DOI: 10.1016/j.compind.2020.103297.
15. Rasaya, H., Taghipourb, S., Sharifib, M. An integrated maintenance and statistical process control model for a deteriorating production process. *Reliability Engineering & System Safety*, 2022, Vol. 228, 108774. DOI: 10.1016/j.res.2022.108774 [ограниченный доступ].
16. Liu, Jinfeng; Wen, Xiaojian; Zhou, Honggen; Sheng, Sushan; Zhao, Peng Liu; Xiaojun, Kang; Shao; Chen, Yu. Digital twin-enabled machining process modeling. *Advanced Engineering Informatics*, 2022, Vol. 54 (6), 101737. DOI: 10.1016/j.aei.2022.101737 [ограниченный доступ].
17. Муравьев В. В. Анализ результатов сертификации специалистов в области неразрушающего контроля объектов железнодорожного транспорта // Интеллектуальные системы в производстве. 2013. – № 2 (22). – С. 144–148. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21037794>. Доступ 16.12.2022.

Информация об авторах:

Школина Дарья Ивановна – кандидат технических наук, преподаватель кафедры физики, электротехники, диагностики и управления в технических системах Сибирского государственного университета путей сообщения, Новосибирск, Россия, dashashkolina@mail.ru.

Ададуров Александр Сергеевич – кандидат технических наук, генеральный директор ООО «ВНИИЖТ-Инжиниринг», Санкт-Петербург, Россия, Adadurov.aleksandr@vniizht.ru.

Бехер Сергей Алексеевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры физики, электротехники, диагностики и управления в технических системах Сибирского государственного университета путей сообщения, Новосибирск, Россия, behers@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 24.11.2022, одобрена после рецензирования 27.12.2022, принята к публикации 29.12.2022.





Моделирование авиапассажирских перевозок России



Ольга Петровна Сушко

*Московский государственный технический университет гражданской авиации
Москва, Россия.*

✉ o.sushko@mstuca.aero.

Ольга СУШКО

АННОТАЦИЯ

Применение экономико-математических методов прогнозирования результатов деятельности организаций гражданской авиации и, в частности, объёмов авиапассажирских перевозок в силу важности оперативного планирования процессов авиатранспорта, разработки стратегических направлений его развития, технологического и технического обновления авиапредприятий достаточно актуально.

Цель исследования состоит в планировании авиапотока пассажиров по регрессионной модели с учётом результатов многофакторного отбора детерминант, среди которых выделяют фундаментальные макропоказатели, а также значимые показатели авиарынка.

Исследование пассажирских авиаперевозок проводилось с использованием методов системного анализа, методов математической статистики и эконометрики. При модели-

ровании процесса пассажирских перевозок выделены основные детерминанты, положительно или отрицательно влияющие на динамику авиапассажиропотока. Множественная регрессия исследования процессов связанности и синхронности изменений развития пассажиропотока и отобранных макропоказателей в обобщённом виде является суммой векторов влияющих переменных с поправкой на рассчитанные коэффициенты.

В результате разработаны шести-, четырёх- и трёх-факторные регрессионные модели, из которых последняя обладает наибольшей достоверностью с достаточно близкими к фактическим значениям данными. При прогнозировании пассажиропотока по регрессионной модели необходимо учитывать не только теоретические аспекты, данные официальных прогнозов макропоказателей, но и мнение экспертов.

Ключевые слова: воздушный транспорт, факторные признаки, моделирование авиапассажиропотока, множественная регрессия, статистическая проверка модели, прогнозирование авиапассажиропотока.

Для цитирования: Сушко О. П. Моделирование авиапассажирских перевозок России // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 6 (103). С. 64–71. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-7>.

*Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the article in English is published in the second part of the issue.*

ВВЕДЕНИЕ

Значимость и степень развития транспорта, в том числе и воздушного, во многом следуют трендам развития мировой и национальной экономики в целом. При этом современный авиабизнес, не исключая российский, сталкивается с целым комплексом проблем и вызовов социально-экономического и технологического плана, в том числе и принципиально новых^{1, 2} [1–5]. Поиск решений возникающих задач в сфере авиаперевозок предполагает комплексный анализ не только долгосрочных фундаментальных, но и установление новых факторов, воздействующих на изменение экономических показателей как авиакомпаний и авиапредприятий, так и отрасли в целом. Для целей моделирования краткосрочного и долгосрочного прогнозирования также актуально определение основных детерминант, положительно или отрицательно влияющих на динамику. В силу этого подтверждается необходимость применения экономико-математических методов прогнозирования результатов деятельности гражданской авиации, в частности объемов авиапассажирских перевозок в силу важности оперативного планирования процессов авиатранспорта, разработки стратегических направлений развития, технологического и технического обновления авиапредприятий.

Обзор исследований

Ряд работ научного и прикладного назначения связан с моделированием процессов перевозок грузов и пассажиров, различающимся по сложности, возможности реализации, по объективности интерпретации полученных данных [6–8]. Предложены сложные модели, такие как нейронные сети, модели с использованием искусственного интеллекта, цепей Маркова и другие. Безусловно полезными могут быть методики прогнозирования, которые разработаны авиакомпаниями. Авиаком-

пани Boeing³ применяет модель прогнозирования пассажиропотока (Y , пасс.-км) на основе учёта одного основного макроэкономического показателя – валового продукта X :

$$\ln Y = -3,21 + 1,88 \ln X.$$

В авиакомпании «Аэрофлот», по имеющимся данным, используется методика прогнозирования объёма авиаперевозок на основе логарифмирования валового продукта и разницы дохода от авиаперевозок пассажиров:

$$\ln Y = 1,14 + 2,11 \ln X - 0,63 \ln Z,$$

где Y – авиаперевозка пасс.-км,

X – ВВП,

Z – доход от пассажирских перевозок на пасс.-км.

Данные авиакомпаний используются, в том числе, для планирования деятельности аэропортов, выделения авиаперевозчикам слотов⁴.

Таким образом, в авиабизнесе при прогнозировании авиаперевозок пассажиров используются специальные модели на основе зависимости от валового продукта, но полученные прогнозы могут иметь погрешности, так как учитывают только один фактор. Более того, по мнению ряда учёных и аналитиков, занимающихся исследованием экономики транспортной отрасли, существующая связанность прироста пассажирских авиаперевозок на 1 % с ростом валового продукта на 1 % характерна не для всех стран. Например, для развивающихся стран данная пропорция выше. Некоторые исследования по данным за 2008–2021 годов также не содержат однозначного подтверждения указанных пропорций, что обусловлено в частности тем, что динамика пассажирооборота имеет некоторые пределы падения/роста, а также временные лаги от момента движения экономических факторов до их воздействия на показатели авиаперевозок, что отражается на амплитуде колебаний перевозок в кризисные периоды и периоды подъёма экономики.

³ Boeing Current market outlook 2014–2033. [Электронный ресурс]: http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/cmo/pdf/Boeing_Current_Market_Outlook_2014.pdf. Airbus Global market forecast 2014–2033. [Электронный ресурс]: http://www.airbus.com/company/market/forecast/?eID=maglisting_push&tx_maglisting_pi1%5BdocID%5D=40733.

⁴ IATA. [Электронный ресурс]: <https://www.iata.org/contentassets/4ede2aabfcc14a55919e468054d714fe/wasb-guidance-temporarycapacity-reductions.pdf>. Доступ 20.10.2022.

¹ Международная организация гражданской авиации (International Civil Aviation Organization). [Электронный ресурс]: www.icao.int. Доступ 20.09.2022.

² Деловой авиационный портал АТО.RU. [Электронный ресурс]: <http://www.ato.ru/content/sita-aeroporoty-nuzhno-srochno-cifrovizirovat-chtoby-izbezhatmnogochasovyh-ocheredey>. Доступ 20.09.2022.





Более сложная модель исследования связанности пассажиропотока и тарифов, других факторов основана на нескольких показателях:

$$Y = a_0 X_1^{a_1} X_2^{a_2} e^{a_3 X_3},$$

где X_1 – индекс ВВП;

X_2 – средний авиатариф;

X_3 – учёт других факторов;

a_0 – a_3 – коэффициенты.

Представляет научный интерес для дискуссионного обсуждения влияние новых факторных реалий, таких как, например, глобальные изменения на авиарынке, институциональные преобразования авиаинфраструктуры, совершенствование технологической платформы авиабизнеса [9–16]. Но пока получаемые результаты трудно интерпретируемы и трудоёмки для практического использования в целях прогнозирования объёма авиаперевозок.

При этом значимость прогнозирования процессов авиаперевозок на основе эконометрического моделирования остаётся на высоком уровне, в первую очередь благодаря тому, что она позволяет получить достоверные результаты для практического использования по сравнению с выводами, полученными при использовании других методов.

Постановка задачи исследования

Предметом исследований является экономика авиаотрасли. На данном этапе исследования объектом выступают динамика пассажирских авиаперевозок и экономических показателей в роли основных регрессоров.

Цель данного этапа исследования представляется как выделение основных факторов, влияющих на авиапассажиропоток, и повышение эффективности моделирования авиапассажиропотока на основе множественной регрессии. Моделирование множественной регрессии позволяет включать большое число факторов с установлением связанности рядов и индивидуального влияния каждого факторного показателя на моделируемый ряд авиаперевозок с последующим расчётом суммарного воздействия.

Новизна исследования процессов авиаперевозок пассажиров с разработкой модели множественной регрессии временных рядов авиапассажиров и экономических показателей связана с учётом в полном объёме информации о корреляционной связи между данными моделируемого ряда и временными ряда-

ми факторных показателей. Также полученная модель позволяет проводить мониторинг корреляционной связи временных рядов и возможность ранжировать факторы для обеспечения большей достоверности результатов.

Исследование пассажирских авиаперевозок проводилось с использованием методов системного анализа, методов математической статистики и эконометрики. Для разработки экспериментальной базы исследования использованы информационные и статистические ресурсы международных организаций, государственных органов статистического наблюдения (Федеральной службы государственной статистики (Росстат), ЕМИСС⁵), информационно-аналитических сайтов (Statista⁶), в том числе специализирующихся на отраслевой авиационной тематике («АвиаСтат»⁷, «Авиапорт» и «Авиапро»⁸), а также сведения, содержащиеся в научных изданиях и публикациях, другие статистические и аналитические материалы [12–16].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Построение теоретических основ модели и алгоритма

Для построения многофакторной модели прогнозирования авиапассажиропотока важной задачей является выбор значимых показателей в качестве факторных переменных, определение числа факторов. Отбор показателей, влияющих на динамику авиапассажиропотока, для включения их в разрабатываемую регрессионную модель производился по результатам качественного и количественного анализа.

Рыночный механизм формирования спроса и предложения зависит от цены и множества неценовых факторов, среди которых основными выступают численность и доходы населения. Соответственно данные факторы включены в модель. Другие факторы ранжировались по результатам опроса учёных, за-

⁵ ЕМИСС. [Электронный ресурс]: <https://fedstat.ru>. Доступ 10.09.2022.

⁶ Statista [Электронный ресурс]: <https://www.statista.com/>. Доступ 15.10.2022.

⁷ AviaStat. Аналитическое агентство «АвиаСтат». [Электронный ресурс]: <https://aviastat.ru>. Доступ 15.09.2022.

⁸ AVIA.RU Network – российский авиационный портал. [Электронный ресурс]: <https://aviaru.net>. Доступ 15.10.2022.



Рис. 1. Диаграмма анализа совокупности экономических факторов [разработано автором].

нимающихся исследованием транспортных процессов, специалистов и представителей авиаотрасли. Тем не менее, невозможно учесть и включить в регрессию все факторы, но это и не столь критично, так как в регрессии рассчитывается не только влияние включённых регрессоров, но и влияние не включённых, но при этом связанных с основными объясняющими переменными факторов. Также следует заметить, что перенасыщение модели факторными переменными может привести к статистической незначимости параметров по критерию Стьюдента, что и будет продемонстрировано в результате анализа шести- и более факторной модели.

Далее проводилась оценка целесообразности включения факторов в модель на основе статистических методов. Факторы анализировались на наличие корреляционной зависимости с результирующим фактором. Автором исследована синхронность изменений развития основного показателя развития авиаперевозок (пассажиропоток) и ряда макропоказателей: валовой продукт, валовой продукт на душу населения, численность населения, средняя заработная плата и средний доход населения, курс национальной валюты к доллару, уровень инфляции и уровень безработицы, изменения цены на нефть, цены на авиабилеты и др. (рис. 1) [14–16].

Интерпретация полученных результатов исследования корреляции показала различную связанность и зависимость данных динамики авиапассажиропотока и предполагаемых факторных показателей, что привело к исключению ряда факторов.

Среди оставшихся значимых факторов также было необходимо оставить только те, что имеют сопоставимые единицы измерения, так как разные единицы измерения могут привести к несопоставимым коэффициентам уравнения.

Другой важной процедурой анализа значимости факторных переменных в качестве регрессоров является приведение значений показателей к одному масштабу измерения. Соблюдалось также правило включения меньшего числа факторов по сравнению с числом наблюдений. Поскольку для эмпирической части исследования были выбраны данные с 2008 года по 2021 год, то оптимальным может считаться число регрессоров, равное 4–5.

По предварительным результатам исследования множества экономических факторов для разработки уравнения множественной регрессии были отобраны значимые факторные переменные. Множественная регрессия исследования процессов связанности и синхронности изменений развития авиаперевозок в общем виде является суммой векторов влияющих переменных с поправкой на рассчитанные коэффициенты при условии, что они должны быть состоятельными.

Формулирование модели

Оценка первоначально полученного регрессионного уравнения для исследуемых временных рядов [17–19] проводится путём составления матрицы (табл. 1) и обратной матрицы.

Первоначальное уравнение регрессии включает шесть объясняющих переменных:

$$Y = -383,08 - 7,496X_1 + 1,093X_2 + 2,293X_3 + 3,687X_4 + 11,498X_5 + 1,091X_6, \quad (1)$$

где X_1 – средняя заработная плата;
 X_2 – средний доход населения;
 X_3 – численность населения;
 X_4 – валовой продукт;
 X_5 – цена авиабилета;
 X_6 – средняя стоимость нефти.

Рассчитанное значение постоянной величины в уравнении множественной регрессии



**Матрица парных коэффициентов корреляции анализируемых показателей
[разработано автором]**

	Пассажиропоток	Средняя заработная плата	Средние доходы	Численность населения РФ	ВВП	Цена авиабилета	Стоимость нефти
–	у	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
у	1	0,7033 умеренная линейная связь между x_1 и у	0,8387 сильная линейная связь между x_2 и у	0,7646 сильная линейная связь между x_3 и у	0,8403 сильная линейная связь между x_4 и у	-0,1154 низкая линейная связь между x_5 и у	0,6834 умеренная линейная связь между x_6 и у
x_1	0,7033	1	0,9791	0,8568	0,9871	0,07357	0,5612
x_2	0,8387	0,9791	1	0,891	0,9871	-0,0051	0,5791
x_3	0,7646	0,8568	0,891	1	0,849	0,1705	0,3353
x_4	0,8403	0,9871	0,9871	0,849	1	-0,04295	0,6392
x_5	-0,1154	0,07357	-0,00518	0,1705	-0,04295	1	-0,2984
x_6	0,6834	0,5612	0,5791	0,3353	0,6392	-0,2984	1

Таблица 2

**Частные коэффициенты эластичности факторных переменных в шестифакторной модели
[разработано автором]**

Частный коэффициент эластичности	Значение коэффициента	Интерпретация значения
E_1	3,05	Средняя заработная плата существенно влияет на резульативный признак Y
E_2	1,36	Средние доходы оказывают умеренное влияние на резульативный признак Y
E_3	3,95	Численность населения существенно влияет на резульативный признак Y
E_4	3,50	ВВП существенно влияет на резульативный признак Y
E_5	1,75	Цена авиабилета оказывает значительное влияние на резульативный признак Y
E_6	0,05	Стоимость нефти оказывает незначительное влияние на резульативный признак Y

(-383,08) является отрицательным и показывает суммарное влияние неучтенных факторов на результат (авиапассажиропоток). А по разнице множественной детерминации ($1 - R^2$) соответствующей остаточной дисперсией можно определить долю влияния неучтенных факторов.

Коэффициенты перед переменными означают уменьшение или увеличение авиапассажиропотока при воздействии анализируемого фактора, а значимость их влияния определяется величиной коэффициента перед факто-

ром. Наибольшее влияние на результирующий показатель (пассажиропоток) оказывает фактор цены на авиабилет, что показывает в полученной регрессионной модели максимальный коэффициент 11,498. Наименьшее влияние в данной шестифакторной модели множественной регрессии оказывают показатели с минимальными значениями коэффициентов: средний доход населения и средняя стоимость нефти. Но перед обоснованием и исключением незначимых факторов из модели множественной регрессии следует рассчитать коэффициенты парной корреляции с составлением матрицы с размерностью 14×6 с учётом числа наблюдений 14 и с 6 независимыми переменными и с учётом признака (табл. 1 и 2). Значимость определения коэффициентов парной корреляции состоит в том, что полученные значения показывают силу корреляции влияния отдельного фактора на авиапассажиропоток, при этом влияние остальных факторов ликвидировано. Малые значения коэффициентов корреляции означают, что связь факторов и авиапассажиропотока слабая, и, соответственно, с учётом вышеуказанного признака, такие факторы можно исключить из модели.

Следующей процедурой исследования стала проверка функциональной связи анализируемых факторов между собой с помощью расчётов парной корреляции для устранения интеркоррелированности. Высокая интеркорреляция факторов в модели множественной регрессии приводит к искажению полученных результатов. Поэтому по результатам парной корреляции в модели установлены коллинеарные переменные с высокой линейной зави-

Расчётные значения коэффициентов и их статистическая значимость
[разработано автором]

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	p-значение
Y-пересечение	-80,510	40,30838	-1,99736	0,073712
Переменная X_1	-7,4466	2,051966	-3,62904	0,00462
Переменная X_2	6,1588	1,387849	4,437653	0,001259
Переменная X_3	14,689	5,286494	2,776724	0,041571

Таблица 4

Регрессионная статистика уравнения
[разработано автором]

Показатель	Значение
Множественный R	0,935201
R-квадрат	0,8746
Нормированный R-квадрат	0,83698
Стандартная ошибка	10,29697

симостью (значение коэффициента выше 0,7 по модулю) (табл. 1). Но в силу значимости влияния на авиапассажиропоток таких макропоказателей, как валовый продукт и численность населения, их исключение из регрессионной модели нецелесообразно, поэтому данные факторы интегрированы в одну переменную – валовый продукт на душу населения.

С целью расширения возможностей содержательного анализа модели регрессии были рассчитаны частные коэффициенты эластичности (табл. 2).

После расчёта частных коэффициентов эластичности были исключены факторы, имеющие наименьшее и незначительное влияние.

После данной процедуры разработана новая модель множественной регрессии с тремя объясняющими переменными:

$$Y = -80,510 - 7,445X_1 + 6,159X_2 + 14,689X_3, \quad (2)$$

где X_1 – средняя заработная плата;

X_2 – валовый продукт на душу населения;

X_3 – цена авиабилета.

Статистический анализ уравнения регрессии подвергался стандартной проверке на значимость уравнения и его коэффициентов, исследованию абсолютных и относительных ошибок аппроксимации.

Статистический анализ полученного уравнения регрессии показал небольшую среднюю ошибку аппроксимации 9,49 % и оценку среднеквадратичного отклонения, равную 10,3 %. Часть ошибок полученного уравнения моделирования может объясняться различием единиц измерения показателей, масштабностью и размерностью.

Таблица 5

Значения параметров уравнений
однофакторной зависимости
и коэффициентов устойчивости связи
[разработано автором]

Фактор	Параметры уравнений однофакторной зависимости	Коэффициент устойчивости связи
1	$Y_{x_1} = 128,1(1 - 0,85231 \cdot d_{1-x/\text{min}})$	0,746
2	$Y_{x_2} = 128,1(1 - 0,09607 \cdot d_{1-x/\text{min}})$	0,769
3	$Y_{x_3} = 128,1(1 - 24,21201 \cdot d_{1-x/\text{min}})$	0,732

Статистическая значимость коэффициентов регрессии при факторных переменных подтверждается t-статистикой, так как все они меньше табличного t-критерия Стьюдента (табл. 3). Сравнение p-value всех переменных факторов меньше принятого нами уровня значимости (0,05) показало, что полученные коэффициенты регрессоров значимы и в ряде случаев они значительно меньше, и, соответственно, выше значимость альтернативной гипотезы и отвержение нулевой.

Полученный индекс множественной корреляции 0,929 и коэффициент детерминации 0,862 показывают хорошее качество проектирования результатов по сравнению с фактическими (табл. 4).

Для ранжирования факторных переменных по силе влияния на результат рассчитана модель регрессии в стандартном масштабе со стандартизованными значениями коэффициентов:

$$T_y = -3,648x_1 + 4,457x_2 + 0,399x_3. \quad (3)$$

Более сильное влияние на авиапассажиропоток будут оказывать такие факторы, как средняя заработная плата и валовый продукт на душу населения. По коэффициентам раздельной детерминации выделили долю каждого фактора в общей вариации результативного признака:

$$d_1^2 = 0,77 \cdot (-3,648) = -2,821;$$

$$d_2^2 = 0,84 \cdot 4,457 = 3,741;$$

$$d_3^2 = -0,12 \cdot 0,399 = -0,046.$$

В заключение проведена проверка параметров уравнения на устойчивость связи (табл. 5).



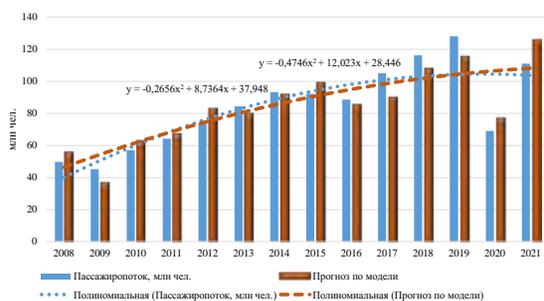


Рис. 2. Модель множественной регрессии пассажиропотока [разработано автором].

Проверка полученной модели за длительный период показала достаточно близкие значения с фактическими данными (рис. 2), что говорит о качестве и достоверности полученной модели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследованиях подтверждена синхронность изменений развития основного показателя оценки авиаперевозок (пассажиропоток) и ряда макропоказателей: валовой продукт, валовый продукт на душу населения, численность населения, средняя заработанная плата и средний доход населения, курс национальной валюты к доллару, уровень инфляции и уровень безработицы, изменения цены на нефть и др.

Выявленные с применением разных методов корреляционные зависимости временных рядов пассажирских авиаперевозок и экономических параметров с 2008 по 2021 годы показали прямую и тесную связь с ВВП, ВВП на душу населения, средним доходом и средней зарплатой, численностью населения и курсом валюты. Для ряда экономических факторов выявлена обратная зависимость разной силы корреляция в динамиках за анализируемый период. Но в связи с тем, что включение в регрессионную модель большого числа факторов обуславливает снижение интерпретируемости результатов и более сложное выделение причинно-следственных связей, необходимо производить качественный многоэтапный отбор факторов. С учётом интеркорреляции факторов и мультиколлинеарного влияния на результат целесообразны исключение ряда факторов и замена их на интегрированный фактор. В результате исследования разработаны шести-четырёх- и трёхфакторные регрессионные модели, из которых последняя обладает наибольшей достоверно-

стью с достаточно близкими значениями с фактическими данными.

В дальнейших планах исследования планируется разработка модели авторегрессии скользящего среднего (autoregressive integrated moving average, ARIMA), авторегрессионной и интегрированной составляющих на аналитических платформах (Форсайт), с помощью языка программирования Python, в статистических программах.

Разработка различных аспектов применения регрессионной модели для прогнозирования будущего авиапассажиропотока, также являющаяся дальнейшей задачей исследования, сопряжена со сложным процессом учёта не только теоретических аспектов, данных официальных прогнозов макропоказателей, факторов их стабильности и волатильности, но и мнения экспертов. Получаемые результаты прогнозирования должны подвергаться корректировке после дискуссий с экспертами, после обновления статических данных, планируемых или прогнозируемых показателей социально-экономического развития.

Более того, сложные трансформационные процессы современного мира предполагают поиск новых методов прогнозирования, о чём свидетельствует большое количество научных публикаций последних лет (напр.: [20–25]), поэтому важное значение имеет продолжение научной дискуссии по этому вопросу.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Холопов К. В., Соколова О. В., Ахтанина М. О. Состояние мирового и российского рынков международных грузовых авиаперевозок // Российский внешнеэкономический вестник. – 2019. – № 8. – С. 64–76. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41045892&ysclid=lc6bvvgke7257279721>. Доступ 17.11.2022.
2. Русс А. А., Смулов М. Ю. Состояние и проблемы рынка авиаперевозок // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. – 2016. – № 1 (10). – С. 5–19. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26087017&ysclid=lc6c171kz444529577>. Доступ 17.11.2022.

3. Рублев В. В. Перспективы развития рынка пассажирских авиаперевозок в рамках евразийского экономического союза в условиях макроэкономической нестабильности // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2020. – № 4 (186). – С. 18–37. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43085853&ysclid=lc6c21bm9j918438433>. Доступ 17.11.2022.
4. Матвеева А. В., Мальцев А. А. Лоукостеры как вектор динамического развития мирового рынка авиаперевозок // Российский внешнеэкономический вестник. – 2017. – № 8. – С. 80–91. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29898630&ysclid=lc6c2sik11103823143>. Доступ 17.11.2022.
5. Губенко А. В., Раствова Ю. И., Панкратова А. Р. Современное состояние и перспективы развития рынка пассажирских авиаперевозок в России // Экономика и экологический менеджмент. – 2019. – № 3. – С. 82–90. DOI: 10.17586/2310-1172-2019-12-2-82-90.
6. Комаристый Е. Н., Информационно-модельный комплекс для исследования рынка гражданских авиаперевозок. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2006. – 144 с. ISBN 5-89665-125-2.
7. Комаристый Е. Н. Математические подходы к анализу спроса на пассажирские авиаперевозки // Маркетинг и маркетинговые исследования. – 2004. – № 3. – С. 10–16. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9270850> [ограниченный доступ].
8. Shchetinin, E. Yu. Study of the impact of the Covid-19 pandemic on international air transportation. Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science, 2021, Vol. 29, Iss. 1, pp. 22–35. DOI: 10.22363/2658-4670-2021-29-1-22-35.
9. Кравцов С. В. Анализ возможностей реализации проектов государственно-частного партнёрства в отдельных сегментах рынка авиаперевозок России // Гуманитарные и социально-экономические науки. – 2021. – № 6 (121). – С. 108–113. DOI: 10.18522/1997-2377-2021-121-6-108-113.
10. Савельева Ю. В. Российский рынок пассажирских авиаперевозок в условиях экономической нестабильности // В сб.: «Дружба без границ: миф или реальность» / Сб. материалов Международной науч.-практ. конф. «Общественная палата РФ; Всероссийское общественное движение «Матери России»; Институт дружбы народов Кавказа». – Ставрополь, 2017. – С. 508–510. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32524718&pf=1>. Доступ 17.11.2022.
11. Москвин Ш. Развитие гражданской авиации обнаруживает новый виток проблематики // Экономика и жизнь. – 2014. – № 11 (9527). [Электронный ресурс]: <https://www.eg-online.ru/article/241708/?ysclid=lc6c2z2te2530028241>. Доступ 17.11.2022.
12. Кулясов В. М., Мухаметжанова А. О. Мировые пассажирские авиапотоки в условиях пандемийного кризиса // Авиационные системы. – 2021. – № 8. – С. 2–43. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47116440> [ограниченный доступ].
13. Круглова Е. Ю. Прогнозирование рынка гражданской авиатехники // Российский внешнеэкономический вестник. – 2015. – № 10. – С. 104–115. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24899635&ysclid=lc6ckn1l62291745324>. Доступ 17.11.2022.
14. Самойлов И. А., Страдомский О.Ю., Бородин М. А., Лесничий И. В., Самойлов В. И. Тенденции и прогнозы развития рынка авиаперевозок и парка авиакомпаний. Итоги прошедшего десятилетия // Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2011. – № 1 (312). – С. 14–19. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20145059&ysclid=lc6cl9qljq150620564>. Доступ 17.11.2022.
15. Andribet, P., Baumgartner, M., Garot, J.-M. Reinventing European air traffic control based on the COVID-19 pandemic experience. Utilities policy, 2022, Vol. 75, 101343. DOI: 10.1016/j.jup.2022.101343.
16. Хачатрян Г. А. Прогнозы объёмов авиаперевозок Армении // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2016. – № 12. – С. 149–161. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27810648&ysclid=lc6cn2uh8f525805944>. Доступ 17.11.2022.
17. Kitov, V. V., Mishustina, M. V., Ustyuzhanin, A. O. Time series prediction survey of statistical, machine learning and deep learning methods: historical aspects. Voprosy Istorii, 2022, Vol. 4 (2), pp. 201–218. DOI: 10.31166/VoprosyIstorii202204Statyi40. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48412303> [ограниченный доступ].
18. Petukhova, A. V., Kovalenko, A. V. Methods for forecasting the development of complex systems using the theory of fuzzy cognitive map. Computational Mathematics and Information Technologies, 2022, Vol. 1, Iss. 2, pp. 81–95. DOI: 10.23947/2587-8999-2022-1-2-81-95.
19. Baykal, T., Ergezer, F., Terzi, S. Airport passenger forecast with time series: case of study Samsun Çarşamba Airport. Journal of Innovative Transportation, 2021, Vol. 2, Iss. 1. DOI: 10.53635/jit.958682.
20. Ghosh, R., Terekhov, I. Future Passenger Air Traffic Modelling: Trend Analysis of the Global Passenger Air Travel Demand Network. AIAA 2015–1642. Session: Systems Engineering I, 2015. DOI: 10.2514/6.2015-1642.
21. Ghosh, R., Kölker, K., Terekhov, I. Future Passenger Air Traffic Modelling: A theoretical Concept to integrate Quality of Travel, Cost of Travel and Capacity Constraints. 19th World Conference of the Air Transport Research Society (ATRS), Singapore, 2015. [Электронный ресурс]: https://www.researchgate.net/publication/285577429_Future_Passenger_Air_Traffic_Modelling_A_theoretical_Concept_to_integrate_Quality_of_Travel_Cost_of_Travel_and_Capacity_Constraints. Доступ 17.11.2022.
22. Chudy-Laskowska, K., Pisula, T. Seasonal Forecasting for Air Passenger Traffic. Proceedings of the 4th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM, 2017, pp. 681–692. DOI: 10.5593/sgemsocial2017/14/S04.089.
23. Wang, J., Liu, X., Ding, J. Air passenger travel forecasting model based on both dynamical individual behavior and social influence force. Journal of Algorithms & Computational Technology, 2019, Vol. 13. DOI: 10.1177/1748302619881392.
24. Solvoll, G., Mathisen, T., Welde, M. Forecasting air traffic demand for major infrastructure changes. Research in Transportation Economics, 2020, Vol. 82, art. 100873. DOI: 10.1016/j.retrec.2020.100873.
25. Suryan, V. Econometric Forecasting Models for Air Traffic Passenger of Indonesia. Journal of the Civil Engineering Forum, 2017, Vol. 3, Iss. 1. DOI: 10.22146/jcef.26594.

Информация об авторе:

Сушко Ольга Петровна – кандидат экономических наук, доцент Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), Москва, Россия, o.sushko@mstuca.aero.

Статья поступила в редакцию 18.11.2022, одобрена после рецензирования 27.12.2022, принята к публикации 29.12.2022.





ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

УДК 338

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-8>

Построение гибких систем цифрового взаимодействия участников транспортного процесса в условиях меняющейся внешней среды



Елена МАКЕЕВА



Анна РЫЧКОВА

Елена Захаровна Макеева¹,
Анна Сергеевна Рычкова²

¹ Российский университет транспорта, Москва, Россия.

² АНО «Цифровая трансформация» Москва, Россия.

✉ ² martynova.annas@yandex.ru.

АННОТАЦИЯ

В настоящий момент транспортная отрасль претерпевает глубокие изменения. Они связаны как с преодолением последствий пандемии, так и – в более долгосрочном плане – с фундаментальной трансформацией, обусловленной идущим процессом цифровизации.

Сервисы, созданные для интеллектуального управления транспортным потоком, мониторинга объектов инфраструктуры, подвижного состава, работы с клиентами, цифровые платформы в ближайшее время с большой вероятностью останутся драйверами идущей цифровой трансформации транспортной отрасли. С точки

зрения цифровых технологий к основным относятся искусственный интеллект, блокчейн, Интернет вещей, большие данные.

Учитывая обширность темы, в материале выделены ключевые, с точки зрения авторов, вопросы опыта и задач создания системных, сквозных цифровых платформенных решений в транспортной отрасли России, а также на примере железнодорожного транспорта (в том числе, на корпоративном уровне), предложена классификация уже реализованных и перспективных направлений цифровых изменений в транспортно-логистической отрасли.

Ключевые слова: транспорт, цифровизация, транспортная инфраструктура, цифровые технологии, развитие экономики, железнодорожный транспорт.

Для цитирования: Макеева Е. З., Рычкова А. С. Построение гибких систем цифрового взаимодействия участников транспортного процесса в условиях меняющейся внешней среды // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 6 (103). С. 72–78. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-8>.

Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the article in English is published in the second part of the issue.

ВВЕДЕНИЕ

Отрасль транспорта и логистики несмотря на значительные успехи во внедрении новых технологий имеет значительный потенциал адаптации и развития в условиях цифровизации, в определённой мере находится ещё на этапе цифрового преобразования. Реализация данной концепции осложняется большим массивом данных, которые необходимо реконструировать, и значительным числом операций, которые могут быть переведены в цифровой формат, особенно с учётом интеграции перевозочных процессов в рамках единой цепи поставок с участием поставщиков, грузоотправителей, грузополучателей, конечных клиентов. «Транспортная сфера должна подключиться к новой экосистеме, в которой практически бесшовными являются границы между стадиями производства, транспортировки, потреблением. Потоки данных являются основой цифровой логистики» [1].

Целью данного исследования является изучение трендов и направлений цифровой трансформации в области транспорта с учётом влияния четвёртой промышленной революции, скорости изменений и создания цифровых платформенных решений, обеспечивающих эффективное взаимодействие участников перевозочного процесса и в целом цепи поставок.

С помощью методов анализа, синтеза и классификации обобщён имеющийся эмпирический опыт создания сквозных цифровых платформенных решений в транспортной отрасли России, на уровне крупнейших компаний (на примере ОАО «РЖД») и по видам транспорта (на примере железнодорожного транспорта), а также представлена базовая классификация направлений цифровых изменений в транспортно-логистической отрасли и примеры их реализации.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Интегрированные отраслевые цифровые платформенные решения

Одна из наиболее важных задач транспортной системы – обеспечение максимальной эффективности функционирования транспортно-дорожного комплекса в целях повышения качества удовлетворения потребностей экономики и населения в безопасных и эффективных транспортных услугах.

Решение этих задач должно достигаться за счёт «двух взаимно дополняемых направлений деятельности: развития транспортной инфраструктуры и внедрения» [2] технологий организационного управления транспортными системами с использованием современных информационно-телекоммуникационных и телематических технологий.

В отрасли предприняты значительные системные усилия в направлении цифровизации.

Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года¹ содержит специальные разделы, посвящённые направлениям цифровой трансформации транспорта (в том числе основным направлениям цифровизации транспортного комплекса, созданию и развитию интегрированных транспортных сервисов, цифровизации транспортных средств, цифровизации транспортной инфраструктуры, цифровизации деятельности органов власти в области транспортной отрасли), основным этапам цифровой трансформации транспорта. В них содержится комплексное описание направлений, задач, механизмов цифровой трансформации транспортно-логистической отрасли.

Приоритеты, цели и задачи цифровизации транспорта и логистики основываются на национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации до 2024 года»², в которую входит ряд федеральных проектов.

В 2019 году был одобрен³ ведомственный проект Министерства транспорта Российской Федерации «Цифровой транспорт и логистика», тесно интегрированный с реализацией

¹ Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р. [Электронный ресурс]: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZIOOpQhLl0nUT91RjCbEzR.pdf>. Доступ 19.12.2022.

² Паспорт национального проекта «Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утверждён протоколом заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня 2019 г. № 7. [Электронный ресурс]: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_328854/. Доступ 19.12.2022.

³ Правительственная комиссия одобрила проект Минтранса России «Цифровой транспорт и логистика». [Электронный ресурс]: <https://www.dtla.ru/news/pravitelstvennaya-komissiya-odobrila-proekt-mintransa-rossii-tsifrovoy-transport-i-logistika/>. Доступ 19.12.2022.



Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года⁴. Проект включил 35 мероприятий, разделённых на 7 основных направлений: трансформация грузовых перевозок; трансграничное взаимодействие; пассажирские перевозки с разнообразием цифровых сервисов и единым электронным билетом; цифровая транспортная инфраструктура; безопасность; экология и метеорология; беспилотный транспорт².

С 1 января 2020 года в рамках государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы» реализуется направление (подпрограмма) «Цифровой транспорт и логистика»⁵. Являясь одним из 9 направлений государственной программы, он включает следующие структурные элементы⁶: федеральный проект «Транспортно-логистические центры», ведомственный проект «Формирование сети транспортно-логистических центров», ведомственную целевую программу «Цифровая платформа транспортного комплекса Российской Федерации»⁷.

В 2021 году была утверждена отраслевая Стратегия цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации⁸. Документ был утверждён протоколом президиума Правительственной комиссии по цифровому развитию, прошёл обсуждение на площадке Совета Федерации. Стратегия включает

шесть ключевых инициатив министерства: «Беспилотники для пассажиров и грузов», «Зелёный цифровой коридор пассажира», «Бесшовная грузовая логистика», «Цифровое управление транспортной системой Российской Федерации», «Цифровизация для транспортной безопасности», «Цифровые двойники объектов транспортной инфраструктуры». Реализация стратегии строится на приоритетном использовании отечественного программного обеспечения и массовом применении технологии искусственного интеллекта⁹. К разработке стратегии были привлечены руководители и эксперты более 200 предприятий различных отраслей. Для подготовки документа был сформирован управляющий комитет на базе ассоциации «Цифровой транспорт и логистика»⁷, который продолжил работу по реализации проектов стратегии.

Ассоциация «Цифровой транспорт и логистика» (ЦТЛ) была учреждена в 2019 году при поддержке Министерства транспорта Российской Федерации компаниями «Российские железные дороги», «Аэрофлот – российские авиалинии», «РТ-Инвест Транспортные Системы», «ЗащитаИнфоТранс», «ГЛОСАВ» и «Авиателекоминвест». В этом же году в Ассоциацию вступили «Государственная корпорация по организации воздушного движения в Российской Федерации» и «Азимут» (входит в Госкорпорацию «Ростех»), в 2020 году – «Компания ТрансТелеКом» и Государственная компания «Российские автомобильные дороги» («Автодор»), в 2021 году – OZON, МегаФон, «Росморпорт», АО «ГЛОНАСС», «Центр организации движения беспилотных транспортных средств» (ЦОД БТС – совместное предприятие с ГК «Ростех», «Дигинавис» и «Проект 7»), «Датапакс» и «Объединённая транспортно-логистическая компания – Евразийский железнодорожный альянс» (ОТЛК ЕРА). Стратегическими партнёрами ЦТЛ являются «Государственная транспортная лизинговая компания» (ГТЛК) и компания «СМАРТС», партнёрами, в частности, – АНО «Цифровая экономика», Ассоциация Морских Торговых Портов (АСОП), «Университет Иннополис» и другие¹⁰. Целью ЦТЛ является «создание и развитие

⁴ Утверждён Распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 сентября 2018 г. № 2101-р (в редакции распоряжений Правительства Российской Федерации от 17.08.2019 № 1844-р, от 13.03.2020 № 610-р, от 04.07.2020 № 1747-р, от 20.02.2021 № 430-р, от 28.12.2021 № 3896-р, от 13.04.2022 № 855-р, от 09.12.2022 № 3867-р). [Электронный ресурс]: <http://government.ru/docs/all/118785/>. Доступ 19.12.2022.

⁵ Постановление Правительства Российской Федерации от 30 марта 2021 года № 483 «О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации «Развитие транспортной системы»». [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/603366910>. Доступ 19.12.2022.

⁶ Портал госпрограмм РФ. [Электронный ресурс]: https://programs.gov.ru/Portal/pilot_program/24/elements/179e46eb-04d9-43ad-8f07-62107c8220bd. Доступ 19.12.2022.

⁷ Ведомственная целевая программа Министерства транспорта Российской Федерации «Цифровая платформа транспортного комплекса Российской Федерации». [Электронный ресурс]: <https://mintrans.gov.ru/file/435210>. Доступ 19.12.2022.

⁸ Паспорт стратегии цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации. [Электронный ресурс]: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11374>. Доступ 19.12.2022.

⁹ Минтранс России разработал отраслевую Стратегию цифровой трансформации. [Электронный ресурс]: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/9985>. Доступ 19.12.2022.

¹⁰ Вебсайт АНО ЦТЛ. [Электронный ресурс]: <https://dtla.ru/company/>. Доступ 19.12.2022.



Рис. 1. Векторы цифровизации транспорта [составлено авторами].

единого мультимодального цифрового транспортного и логистического пространства на территории Российской Федерации в интересах участников рынка транспорта и логистики на основе разработки и внедрения новых цифровых технологий, а также объединения усилий и интеграции программ отраслевых компаний и государства»⁸.

Основные направления цифровизации транспортно-логистической отрасли

Цифровизация транспорта и логистики – комплексный процесс, предусматривающий интеграцию отдельных решений в интеллектуальные системы. Как отмечают исследователи, «крупнейшие транспортные компании, создающие для себя отдельные интеллектуальные цифровые системы, интегрируют их в экосистемы «умный город», «цифровая железная дорога» и др.; они включают «умные дороги» с цифровыми решениями для сбора и обработки данных о транспортных средствах и дорожной инфраструктуре, такие как «умные светофоры», паркоматы, системы видеонаблюдения и оповещения [3] и др. Также транспортные изменения не могут обойти стороной и использование беспилотников, которое «позволяет решить проблему «последней мили», то есть этапа доставки конечному потребителю, в том числе в труднодоступные регионы, они востребованы уже сейчас при отсутствии наземной инфраструктуры» [4].

Интеллектуальную транспортную систему (ИТС) можно определить как систему управления, «интегрирующую современные информационные и телематические технологии. ИТС предназначена для автоматизированного поиска и принятия к реализации максимально эффективных сценариев управления транспортно-дорожным комплексом региона, конкретным транспортным средством или группой транспортных средств с целью обеспечения заданной мобильности населения, максимизации показателей использования дорожной сети, повышения безопасности и эффективности транспортного процесса, комфортности для водителей и пользователей транспорта»¹¹.

В Транспортной стратегии Российской Федерации введено понятие «национальной сети интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах общего пользования», которая понимается как «территориально-распределённая система, состоящая из взаимосвязанных элементов информационно-технологического, организационного, методологического, кадрового, нормативно-правового и нормативно-технического характера, объединяющая действующие и создаваемые по единым правилам интеллектуальные транспорт-

¹¹ ГОСТ Р 56294-2014. Национальный стандарт Российской Федерации «Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем». Электронный ресурс <https://docs.cntd.ru/document/1200115739> Доступ 19.12.2022.



ные системы в единую сеть с оптимизированной топологией и единым планом развития»¹⁰.

Интеллектуальные транспортные системы, кроме решения непосредственных технологических отраслевых проблем, служат важным инструментом достижения целей более широкого экономического и социального порядка (напр.: [5]): сокращению аварийности, повышению эффективности общественного транспорта и грузоперевозок, обеспечению общей транспортной безопасности, улучшению экологических показателей.

Транспортная стратегия определяет это следующим образом: «Интеллектуальные транспортные системы позволяют повысить безопасность перевозок, оптимизировать маршруты, повысить провозную способность транспортной системы, снизить издержки на содержание, ремонт инфраструктуры и перевозки в целом, а также планировать комплексное развитие транспортной инфраструктуры, включая инфраструктуру управления высокоавтоматизированным и автономным транспортом, зарядную и заправочную инфраструктуру «зелёного» транспорта – транспорта, оказывающего минимальное воздействие на окружающую среду»¹.

В техническом, технологическом и организационном плане на современном этапе можно выделить три основных направления (вектора) цифровизации транспорта (рис. 1):

1. Транспортные изменения.
2. ИТ-продукты.
3. Цифровые средства и оборудование.

Первый вектор – это создание транспортных бирж в формате логистического агрегатора. Как отмечают исследователи, «целью создания цифровых платформ является взаимодействие между заказчиками и подрядчиками» [6].

Второй вектор – это создание персонализированных ИТ-продуктов. В нынешних реалиях клиенты совершенно не нуждаются в многочисленных программных продуктах, взаимодействие между которыми сложно, а иногда и невозможно организовать без существенных искажений. Единое многофункциональное приложение является максимально удобным инструментом для пользователя. Решение любой задачи, в том числе принятие управленческих решений в едином сервисе – перспектива для персонализированных ИТ-продуктов.

Постепенно цифровые платформы и интернет-площадки вытесняют традиционные сер-

висы благодаря формированию единого информационного пространства, созданию удобного интерфейса и операционной гибкости. «Широко востребованы цифровые платформы на основе технологий распределенных реестров для осуществления сделок и оформления грузовых перевозок, а Интернет вещей повсеместно в логистике объединяет данные и устройства в единую среду, позволяя отслеживать движение грузов на всех этапах цепочки поставок, а также совмещать различные виды транспорта в зависимости от типа товара, дорожной ситуации и т.п.» [7].

Третий вектор – цифровизация машин и оборудования для бесперебойной работы с товарами на всех этапах цепочки поставок (например, «умный терминал»). В будущем существует возможность разработать систему «автодиспетчер-автомобилист» и подобные ей.

Основные тренды цифровизации железнодорожного транспорта

Цифровизацией обусловлены большие изменения на железнодорожном транспорте. Общемировые тренды: усовершенствование подвижного состава, модернизация и унификация систем сигнализации и автоматизации, систем управления движением поездов, автоматизация процессов содержания инфраструктуры и ремонта подвижного состава, внедрение интеллектуальных систем прогнозирования потребностей в ремонте и многие другие. Все эти направления успешно развиваются в России [напр., [8]]. Одним из ключевых результатов успешной цифровизации должно стать увеличение пропускной способности без наращивания физической инфраструктуры.

Важно отметить, что интеллектуальные инструменты всех направлений цифровизации железнодорожного транспорта ориентированы на клиента и готовы к адаптации для повышения эффективности взаимодействия всех участников транспортного процесса.

Направления цифровой трансформации ОАО «РЖД»

Холдинг «Российские железные дороги» является крупнейшей транспортной компанией в Российской Федерации и на европейском континенте. Значимость компании проявляется не только в размерах бизнеса, определяемых количеством перевезённого груза и пассажирооборота, но и находит отражение в высокой социальной ответственности.

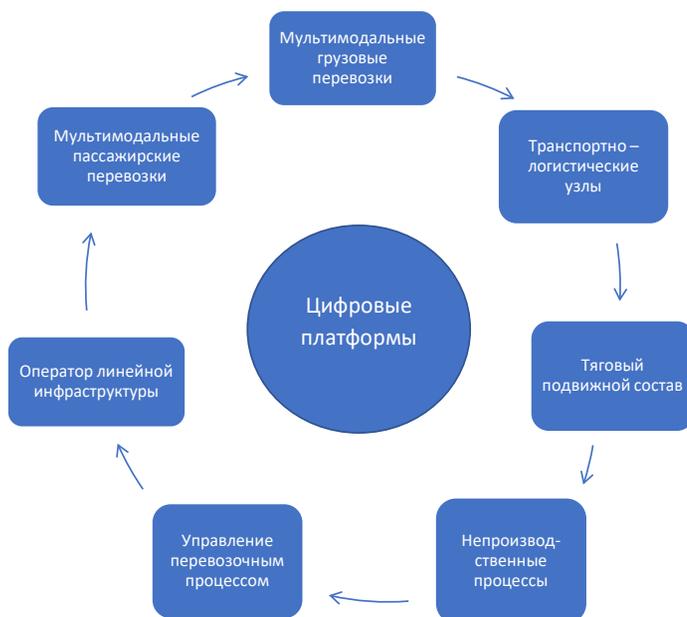


Рис. 2. Платформы цифровой трансформации холдинга «Российские железные дороги». Составлено на основе информации вебсайта rzdigital. [Электронный ресурс]: <https://rzdigital.ru/platforms/>. Доступ 19.12.2022.

Основой для реализации стратегии цифровой трансформации холдинга стал платформенный подход. Главное преимущество платформенного подхода заключается в полном охвате всех существующих направлений деятельности компании. И уже на основе этих сегментов ведется разработка сервисов, которые обеспечивают экономический эффект, изначально заложенный в стратегию (рис. 2).

ОАО «РЖД», как и холдинг «Российские железные дороги» в целом, активно занималось развитием электронных торговых площадок как для взаимодействия с пассажирами (электронная покупка билетов), так и для работы с партнерами (грузовые перевозки). Была реализована система определения неисправностей с применением нейросетевых технологий и машинного обучения. Кроме того, был внедрен информационный сервис мониторинга исполнения обязательств по договорам (на основе смарт-контрактов).

Холдинг «Российские железные дороги» ставит перед собой амбициозные цели. Среди других стратегий развития цифровизация имеет одно очень важное преимущество – максимальное исключение влияния человека как фактора принятия ошибочных решений. Цифровизация бизнес-процессов и применяемых технологий является вкладом в будущее компании, её конкурентным преимуществом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные перспективные направления цифровизации транспортно-логистической отрасли

Цифровизация является успешной основой для модификации и модернизации привычных технологических процессов, повышения эффективности транспортной деятельности. Это отмечается большинством исследователей [напр.: [9–12]], в том числе при проведении глубокого анализа перспектив развития отдельных видов транспорта, например, морского [13]. В числе перспективных и потенциально успешных направлений цифровой трансформации транспортно-логистической отрасли:

1) активная разработка информационных сервисов и продуктов, систем интеллектуального управления с параллельной цифровизацией всего оборудования и машин;

2) повсеместное использование Интернета вещей, блокчейна и искусственного интеллекта для непосредственного обеспечения безопасности перевозок и выстраивания бесшовных цепей поставок [14–16];

3) использование больших данных для повышения скорости обработки данных;

4) внедрение цифрового моделирования, адаптированного к требованиям каждого клиента, в формате цифровых платформ и интеллектуального взаимодействия;



5) использование возможностей цифровизации для роста клиентоориентированности, включения пользователей транспортных услуг в цифровую экосистему транспорта [17–18].

Использование возможностей цифровизации позволяет выстраивать гибкие системы взаимодействия участников транспортного процесса в условиях меняющейся внешней среды с целью улучшения взаимодействия с клиентами, разработки новых бизнес-моделей и достижения поставленных целей транспортно-логистических компаний.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абдрахманова Г. И., Быховский К. Б., Веселитская Н. Н., Вишневский К. О., Гохберг Л. М. и др. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: рук. авт. кол. П. Б. Рудник; науч. ред. Л. М. Гохберг, П. Б. Рудник, К. О. Вишневский, Т. С. Зинина; докл. к XXII Агр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 13–30 апр. 2021 г./ Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. Дом Высшей школы экономики, 2021. – 239 с.
2. Pokrovskaya, O. D., Fedorenko, R. V., Khrantsova, E. Formation of Transport and Storage Systems. In: V. Mantulenko (Ed.), International Scientific Conference «Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development». The European Proceedings of Social and Behavioural Sciences, 2019, Vol. 57. DOI: <https://doi.org/10.15405/epsbs.2019.03.123>.
3. Биленко А. В., Медникова О. В. Цифровизация на транспорте: обеспечение возможностей для развития // Вестник ММА. – 2020. – № 1–2. – С. 128–135. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44712931>. Доступ 24.03.2022.
4. Razumova, Y. V., Levine, E. P. Digitalization of the transport and logistics market: Integration of information systems. Russian experience in introducing digital technologies in the organization of logistics processes. Amazonia Investiga, 2019, Vol. 8 (22), pp. 269–279. [Электронный ресурс]: <https://amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/428>. Доступ 22.03.2022.
5. Гребенкина С. А., Гребенкина И. А., Благодир А. Л. Интеллектуальные транспортные системы как фактор социально-экономического развития // Вестник ПНИПУ. Социально-экономические науки. – 2020. – № 2. – С. 317–329. DOI: 10.15593/2224-9354/2020.2.23.
6. Pokrovskaya, O. Terminalistics as the methodology of integrated assessment of transportation and warehousing systems. In: A. D. Abramov, A. L. Manakov, A. A. Klimov, V. I. Khabarov, V. I. Medvedev (Eds.), X International Scientific and Technical Conference «Polytransport Systems». MATEC Web of Conferences, 2018, Vol. 216 (02014). Les Ulis: EDP Sciences. DOI: 10.1051/mateconf/201821602014.

7. Fedorenko, R., Purgaeva, I., Shkarupeta, E., Tolstykh, T. Transformation of Positions, Competences And Skills In the Digital Economy Industry. In: V. Mantulenko (Ed.), Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development, Vol 57. European Proceedings of Social and Behavioural Sciences, pp. 953-959, Future Academy, 2019. DOI: <https://doi.org/10.15405/epsbs.2019.03.94>.

8. Розенберг Е. Н., Розенберг И. Н., Озеров А. В. Комплексные решения по повышению пропускной способности железных дорог // Труды АО «НИИАС». Сборник статей. – 2021. – Т. 1. – Вып. 11. – С. 32–47. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49344908>. Доступ 22.03.2022.

9. Аптекман А., Калабин В., Клинов В. [и др.]. Цифровая Россия: новая реальность. McKinsey, 2017. [Электронный ресурс]: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/russia/our%20insights/digital%20russia/digital-russia-report.ashx>. Доступ 24.03.2022.

10. Dybskaya, V. V., Vinogradov, A. B. Promising Directions for the Logistics Service Providers Development on the Russian Market in Times of Recession. Transport and Telecommunication, 2018, Vol. 19 (2), pp. 151–163. DOI: 10.2478/tjt-2018-0013.

11. Litman, T.A. Introduction to Multi-Modal Transportation Planning. Principles and Practices. Victoria Transport Policy Institute, 23 April 2021, 21 p. [Электронный ресурс]: https://www.vtpi.org/multimodal_planning.pdf. Доступ 15.04.2021.

12. Mashkina, N., Belyaeva, E., Obukhova, A., Belyaeva, O. Digitalization of The Transport Industry in The Context of Globalization of The World Economy. SHS Web of Conferences, 2021, Vol. 92, art. 05020. DOI: 10.1051/shsconf/20219205020.

13. Tijan, E., Jovic, M., Aksentijevic, S., Pucihar, A. Digital transformation in the maritime transport sector. Technological Forecasting and Social Change, 2021, Vol. 170, art. 120879. DOI: 10.1016/j.techfore.2021.120879.

14. Viriyasitavat, W., Xu, L. D., Bi, Z., Pungpapong, V. Blockchain and Internet of Things for Modern Business Process in Digital Economy – the State of the Art. IEEE Transactions on Computational Social Systems, 2019, Vol. 6, No. 6, pp. 1420–1432. DOI: 10.1109/TCSS.2019.2919325.

15. Treiblmaier, H., Mirkovski, K., Lowry, P. B., Zacharia, Z. G. The physical internet as a new supply chain paradigm: a systematic literature review and a comprehensive framework. The International Journal of Logistics Management, 2020, Vol. 31, No. 2, pp. 239–287. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJLM-11-2018-0284>.

16. Becha, H. [et al]. Global dData Exchange Standards: The Basis for Future Smart Container Digital Services. In: Maritime Informatics. Springer, Cham, 2021, pp. 293–307. First Online: 15 November 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-50892-0_18.

17. Esztergár-Kiss, D., Kerényi, T. Creation of mobility packages based on the MaaS concept. Travel Behavior and Society, 2020, Vol. 21, pp. 307–317. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2019.05.007>.

18. Keuchel, S. Digitalisation and automation of transport: A lifeworld perspective of travellers. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 2020, Vol. 7, art. DOI: 100195. 10.1016/j.trip.2020.100195. ●

Информация об авторах:

Макеева Елена Захаровна – кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой международного финансового и управленческого учета Российского университета транспорта, Москва, Россия, e_polyachenko@mail.ru.

Рычкова Анна Сергеевна – аналитик Автономной некоммерческой организации (АНО) «Цифровая трансформация» Москва, Россия, marynova.annas@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 31.03.2022, актуализирована 19.12.2022, одобрена после рецензирования 27.12.2022, принята к публикации 29.12.2022.



Новости транспортной отрасли в ноябре–декабре 2022 года

АННОТАЦИЯ

Редакция публикует подборку материалов, подготовленных на основе новостных сообщений пресс-центра Министерства транспорта Российской Федерации и посвящённых ряду значимых событий последних двух месяцев и некоторым итогам всего 2022 года. Информация рассказывает о реализации национального проекта «Безопасные качественные дороги», в том числе о поставках нового подвижного состава городского общественного пассажирского транспорта, модернизации и безопасности автодорог в целом и на туристических маршрутах,

о влиянии реализации национального проекта на оценку качества и доступности дорог со стороны общественного мнения. Затронуты вопросы внедрения новых интеллектуальных транспортных систем в городах, нового законодательного регулирования услуг такси, работы Координационного транспортного совещания СНГ, реконструкции пограничного перехода между Россией и Азербайджаном. В части деятельности системы транспортного образования обращается внимание на прошедшие соревнования транспортных вузов.

Ключевые слова: автомобильные дороги, туристические маршруты, безопасность дорожного движения, интеллектуальные транспортные системы, городской общественный транспорт, международное транспортное сотрудничество, погранпереходы, транспортное образование.

Национальный проект «Безопасные качественные дороги» Туристические маршруты

В 2022 году благодаря национальному проекту «Безопасные качественные дороги» было обновлено покрытие на более чем 400 участках региональных и местных дорог, ведущих к различным достопримечательностям. Их общая протяжённость составила свыше 2 тыс. км.

«Развитие внутреннего туризма придаёт стимул и экономическому росту регионов: создаются новые рабочие места, идёт поддержка локальных промыслов. Благодаря дорожному национальному проекту трассы, по которым проходят популярные туристические маршруты, постоянно обновляются. Только в этом сезоне новое покрытие появилось на ещё 418 объектах», – сообщил заместитель председателя Правительства Российской Федерации Марат Хуснуллин.

Транспортная доступность важна для путешественников не меньше, чем сервис и комфортное размещение. Именно поэтому с самого начала реализации нацпроекта дорогам к туристическим местам уделяется особое внимание. С 2019 по 2021 год отремонтировано свыше 800 объектов общей протяжённостью свыше 4 тыс. км.

В Иркутской области в этом году полностью привели к нормативу трассу Иркутск–Большое Голоустное. В регионе это один из популярнейших маршрутов к озеру Байкал. Работы по капитальному ремонту проводились здесь с 2017 года, в ноябре 2022 года введён в эксплуатацию последний участок трассы – с 98 по 114 км.

В Республике Марий Эл отремонтировали 32 км трассы Сернур–Казанское–Кукнур, которая ведёт к селу Кукнур Сернурского района. Здесь расположены владения марийского Деда Мороза – Йушто Кугыза. На

Для цитирования: Новости транспортной отрасли в ноябре–декабре 2022 года // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 6 (103). С. 79–84. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-9>.

*Полный текст редакционной публикации на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the editorial in English is published in the second part of the issue.*

участке с 0 по 19 км специалисты уложили новый асфальтобетон, укрепили обочины щебнем, а также установили бортовые камни и обустроили автобусные остановки.

На этой же автодороге параллельно проходил ремонт на отрезке с 31 по 43 км. Подрядчик не только заменил покрытие проезжей части и обновил водопропускные трубы, но выполнил весь комплекс работ, направленный на повышение безопасности: на объекте установили новые знаки и сигнальные столбики, нанесли разметку. Ранее, в 2019 году был приведён к нормативу 10-километровый участок трассы Сернур–Казанское–Кукнур (с 21 по 31 км).

Во Владимирской области в 2022 году в рамках нацпроекта отремонтировано более 130 км автомобильных дорог, в том числе, к историческому Мурому, купеческому Гороховцу, княжескому Юрьев-Польскому, летописному Суздалью. В частности, в этом году привели к нормативу 15 км трассы Муром–«Волга» в Гороховецком районе, которая обеспечивает транспортное сообщение древнейших городов Владимирской области: Мурома и Гороховца. Трасса является частью нового уникального маршрута «Былинный путь». Это путь русских богатырей из Мурома в Гороховец, с посещением ключевых точек – Мурома, села Карачарово, Гороховца.

Поставки городского пассажирского транспорта

Завершены поставки наземного общественного пассажирского транспорта в городские агломерации в рамках национального проекта «Безопасные качественные дороги», запланированные на 2022 год.

Всего в соответствии с годовым планом региональным перевозчикам было передано для эксплуатации 353 ед. техники в 9 городских агломераций (330 автобусов в Астрахан-



скую, Курскую, Нижегородскую, Пермскую, Сочинскую, Улан-Удэнскую и Челябинскую агломерации, 23 троллейбуса – в Новосибирскую и Брянскую).

Реализация дорожного нацпроекта в части модернизации городского пассажирского транспорта позволяет обновлять региональные парки с высоким уровнем износа техники. Масштабные поставки нового и удобного общественного транспорта напрямую влияют на повышение качества транспортного обслуживания и увеличение мобильности населения. В 2023–2024 годах запланирована поставка ещё 808 единиц техники в 19 городских агломераций.

Программа реализуется АО «Государственная транспортная лизинговая компания» (ГТЛК) с 2020 года с использованием механизма лизинга и государственной поддержки в форме субсидий Минтранса России. За счёт софинансирования из федерального бюджета региональные перевозчики получают в лизинг экологически чистый и комфортабельный транспорт, подходящий для людей с ограниченными возможностями, с существенной скидкой.

Общий объём инвестиций в приобретение транспорта по программе 2022 года составил 6,3 млрд рублей, из которых 2,7 млрд рублей приходится на бюджетные средства.

С 2020 года благодаря федеральному проекту «Развитие общественного транспорта» за два года в 19 агломераций поступило 1131 транспортное средство.

Предварительные итоги ремонта автодорог в 2022 году и вопросы безопасности дорожного движения

В 2022 году дорожные работы проходили на 5,9 тыс. объектов национального проекта «Безопасные качественные дороги», к нормативу приведено порядка 16,8 тыс. км дорог.

Фактическая площадь укладки верхних слоёв покрытия превысила 135 млн кв.м. На развитие региональных и местных дорог из бюджетов всех уровней было направлено порядка 420 млрд руб.

Особое внимание при реализации нацпроекта уделяется участкам, ведущим к социально значимым объектам. В 2022 году обновили свыше 1 тыс. дорожных объектов (3,2 тыс. км), ведущих к образовательным и детским досуговым учреждениям, 181 участок протяжённостью 725,2 км – к физкультурно-оздоровительным центрам, 726 автодорог (3,6 тыс. км) – к медучреждениям.

Благодаря национальному проекту строятся новые магистральные улицы, обходы городов, возводятся грандиозные по масштабам и значимости искусственные сооружения. Так, в 2022 году в программу работ было включено более 430 мостов, расположенных на региональной и местной дорожной сети. К нормативу удалось привести порядка 30 тыс. пог. м вместо запланированных 16,3 тыс. пог. м – почти в два раза больше.

Также ведётся строительство и реконструкция участков федеральных трасс. В 2022 году такие работы проводились на 229 км дорог Росавтодора, а также на 60,3 км платных трасс ГК «Автодор». На эти цели направлено около 300 млрд руб. федеральных средств.

Сегодня одной из приоритетных задач нацпроекта остаётся снижение аварийности на дорогах. К 2030 году показатели смертности в ДТП должны уменьшиться в 3,5 раза. Для достижения этой цели предусмотрены меры по обеспечению не только качественного покрытия, но и обустройству элементов дорожной инфраструктуры.

Для обеспечения безопасности в 2022 году установили почти 195 тыс. дорожных знаков, порядка 1,4 млн пог. м барьерных и более 222 тыс. пог. м пешеходных ограждений, около 2,3 тыс. светофоров и 546 тыс. пог. м стационарного освещения. На проезжую часть нанесли свыше 21,6 млн пог. м разметки, а вдоль дорог обустроили более 1,5 млн пог. м тротуаров.

Кроме того, для повышения безопасности в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» в 42 субъектах прошли мероприятия по внедрению интеллектуальных транспортных систем. Работы проводились в 49

городских агломерациях. На эти цели было предусмотрено финансирование в размере 7,35 млрд руб.

Более половины россиян удовлетворены качеством и доступностью автомобильных дорог

Благодаря национальному проекту «Безопасные качественные дороги» в России продолжается развитие дорожной сети. Позитивные изменения отмечает население регионов страны: 52 % жителей удовлетворены качеством и доступностью автомобильных дорог, а также отмечают улучшения дорожно-транспортной инфраструктуры.

Данные были получены в результате исследования, проведённого в декабре 2022 года Всероссийским центром изучения общественного мнения (ВЦИОМ). В опросе приняли участие 170 тыс. респондентов.

Основными положительными изменениями опрошенные считают увеличение объёмов и качества ремонта дорог, строительство новых трасс и участков дорог, мостов и транспортной инфраструктуры. Граждане отмечают усилия властей в части обеспечения населения качественными, доступными и безопасными дорогами (в первую очередь, за счёт осуществления своевременных качественных ремонтных работ и строительства новых дорог, развязок, инфраструктуры).

Более половины опрошенных – 54 % – отметили улучшение качества дорог внутри населённых пунктов за последний год, по региональным дорогам этот показатель составил 62 %.

При этом 44 % участников опроса отметили улучшение доступности дорог внутри населённых пунктов, а более половины респондентов (51 %) указали на улучшение доступности региональных дорог.

Напомним, к 2030 году доля региональных трасс, находящихся в нормативном состоянии, должна составить не меньше 60 %, доля улично-дорожной сети агломераций — не ниже 85 %.

Правительство России расширило программу внедрения интеллектуальных транспортных систем в регионах

Правительство продолжает поддерживать внедрение интеллектуальных транспортных систем (ИТС) в регионах. Такие решения позволяют автоматизировать процессы управ-





ления дорожным движением и, как результат, повысить безопасность на дорогах. В федеральном бюджете на эти цели в 2023 году предусмотрено более 5 млрд рублей.

Постановлением Правительства внесены изменения в государственную программу «Развитие транспортной системы». В частности, в программу добавлены новые этапы внедрения интеллектуальных транспортных систем в городах, реализующих эти проекты, а также их основные параметры.

Например, в таких городах предполагается постепенно охватить информационно-навигационными системами весь общественный транспорт. С их помощью люди смогут выбрать удобный маршрут и в режиме онлайн отслеживать нужный им транспорт. Также планируется подключить не менее 85 % светофоров к центрам управления дорожным движением. Это необходимо для анализа интенсивности транспортных потоков, чтобы обеспечить водителям оптимальный режим пересечения перекрёстков и уменьшить заторы.

Кроме того, не менее 60 % парковочных мест предполагается подключить к системам управления парковочным пространством. Такое решение поможет снизить трафик и упростит для водителей поиск свободных мест.

Также в рамках программы на дорогах должны появиться информационные табло с данными как минимум по девяти параметрам, в том числе погодным условиям, ремонтным работам и ситуации на дорогах в целом. С их помощью водители смогут выбрать оптимальный маршрут и объехать заторы.

Работа по внедрению ИТС ведётся в городских агломерациях с населением свыше 300 тысяч человек. Сейчас в ней принимают участие 49 городов из 42 регионов, в том числе из Башкирии, Бурятии, Удмуртии, Чувашии, Якутии, Алтайского, Забайкальского,

Красноярского и Хабаровского краёв, Белгородской, Воронежской, Калужской, Кемеровской, Кировской и Курской областей.

Программа стала логичным дополнением к комплексному развитию дорожно-транспортной инфраструктуры. Из-за значительного роста трафика в городах потребовались новые решения для безопасности и комфорта людей.

Правительство выделило 16,5 млрд рублей на поддержку пассажирского железнодорожного сообщения

На поддержку железнодорожных пассажирских компаний из резервного фонда Правительства РФ выделено 16,5 млрд рублей. Соответствующее распоряжение подписал Председатель Правительства Михаил Мишустин.

Деньги направят владельцам железнодорожной инфраструктуры за предоставление льготного тарифа компаниям, которые занимаются перевозками пассажиров в пригородных поездах и поездах дальнего следования. Средства в том числе пойдут на модернизацию и закупку новых вагонов.

Решение позволит сохранить доступные цены на билеты, обеспечить бесперебойное железнодорожное сообщение и безопасность пассажиров.

Новый закон о такси

Новым Федеральным законом «Об организации перевозок пассажиров и багажа легковым такси в Российской Федерации, о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации и о признании утратившими силу отдельных положений законодательных актов Российской Федерации» вводится регулирование деятельности агрегаторов, их правоотношений с перевозчиками легковым такси и пассажирами. Также распределяется ответственность участ-



ников перевозки за ущерб, причинённый в результате дорожно-транспортного происшествия, создаётся правовая основа для работы самозанятых в отрасли.

Принятие закона стало необходимостью в связи с тем, что до последнего времени законодательством не была урегулирована деятельность агрегаторов, их правоотношения с перевозчиками легковым такси и пассажирами. Именно агрегаторы стали драйвером рынка в последнее время, обеспечив резкий рост количества перевозок пассажиров и багажа легковыми такси. Не менее важным вопросом является распределение ответственности с учётом появления новых участников рынка.

Закон прежде всего направлен на обеспечение защиты интересов пассажиров и перевозчиков легковым такси. Конкретизация и законодательное закрепление обязательных требований к деятельности перевозчиков легковым такси, служб заказа легковых такси, допуск физических лиц – самозанятых к перевозкам, а также требования к водителям такси позволят создать для граждан более благоприятные и безопасные условия пользования такси, а также повысить эффективность работы субъектов предпринимательской деятельности в этой сфере.

Федеральный закон вводит ряд принципиально новых положений. В частности, устанавливается возможность получения разрешения на перевозку легковым такси самозанятыми лицами. Это позволит легализовать деятельность водителей, работающих сейчас в «серой» зоне (по экспертным оценкам, это 25 % водителей легкового такси).

Впервые определяются права, обязанности и, что немаловажно, устанавливается ответственность служб заказа легкового такси – агрегаторов. Кроме того, запланирован переход к реестровой модели предоставления государственных услуг с цифровизацией процедур допуска к перевозкам легковым такси и контроля за такими перевозками. Закон предусматривает создание трёх региональных реестров такси – регионального реестра служб заказа такси, регионального реестра перевозчиков легковыми такси, а также регионального реестра легковых такси. Также планируется создание федеральной государственной информационной системы легковых такси.

Закон вступает в силу с 1 сентября 2023 года, за исключением отдельных положений, вступающих в силу с 1 сентября 2025 года.

42-е заседание Координационного транспортного совещания государств – участников СНГ

В состоявшемся в Москве мероприятии КТС СНГ как ключевой отраслевой организации стран Содружества в области транспорта приняли участие представители транспортных ведомств Республики Армения, Республики Беларусь, Республики Казахстан, Кыргызской Республики, ассоциированные члены КТС СНГ, а также представители Исполкома СНГ, Евразийской экономической комиссии, представители бизнес-сообщества, международных и общественных организаций.

Основное внимание было уделено вопросам обеспечения стабильной работы транспортного комплекса в условиях имеющихся ограничений и дополнительных вызовов 2022 года.

Участники посчитали важным сосредоточить усилия на снятии барьеров на пути экономического взаимодействия, выработке актуализированных подходов к обеспечению транзита товарных потоков, организации перевозочного процесса по международным транспортным коридорам СНГ с использованием цифровых сервисов.

В ходе заседания Министр территориального управления и инфраструктур Республики Армения Гнел Саносян избран заместителем председателя КТС СНГ. Также по традиции были вручены награды представителям транспортных ведомств, участвовавшим в заседании.

Реконструкция пункта пропуска Яраг–Казмаляр

В Республике Дагестан в тестовом режиме запущено движение грузового транспорта по новым пяти дополнительным полосам, построенным в рамках реконструкции автомобильного пункта пропуска Яраг–Казмаляр на границе с Азербайджаном. Дополнительные полосы могут эксплуатироваться как на выезд грузовых транспортных средств с таможенной территории ЕАЭС, так и на въезд. Теперь в пункте пропуска действует 11 полос движения для грузового транспорта. Обеспечена возможность пропуска до 1100 грузовиков в сутки.





Входящий в створ международного транспортного коридора «Север–Юг» пункт пропуска Яраг–Казмаляр является самым загруженным на российско-азербайджанском участке государственной границы и фактически функционирует с превышением проектной пропускной способности в 1,5–2 раза. Благодаря реализуемому Минтрансом России и ФГКУ Росгранстрой проекту реконструкции пропускная мощность погранперехода будет увеличена почти в три раза.

Плановый срок завершения II этапа проекта – 3 квартал 2023 года.

Кроме того, на границе с Азербайджаном до конца 2026 года планируется модернизировать пункты пропуска Ново-Фила и Тагиркент–Казмаляр, также входящие в створ международного транспортного коридора «Север–Юг». Развитие инфраструктуры МТК будет способствовать укреплению торгово-экономических связей, оптимизации транспортно-логистической системы, созданию новых инфраструктурных маршрутов и наращиванию объёмов грузоперевозок между государствами.

XII Международная спартакиада студентов транспортных вузов

Соревнования прошли в рамках «Транспортной недели-2022». В торжественной церемонии закрытия спартакиады, состоявшейся 14 ноября 2022 года в Доме физкультуры Российского университета транспорта (МИИТ), приняли участие заместитель министра транспорта Александр Пошивай, ректор РУТ Александр Климов, представители подведомственных агентств и спортивных сообществ, студенты и тренеры команд.

Наибольшее количество наград в неофициальном командном зачёте завоевали студенты Уральского государственного университета путей сообщения, (УрГУПС) из Екатеринбурга. Второе место заняли спортсмены Российского университета транспорта. Третье место досталось команде Петербургского



государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС).

Соревнования XII Международной спартакиады студентов транспортных вузов прошли с 12 по 14 ноября. В них приняло участие более 700 спортсменов. За победу боролись 18 команд из 11 городов страны. Участники сразились в соревнованиях по 7 видам спорта: шахматам, плаванию, настольному теннису, мини-футболу, волейболу, баскетболу и боксу.

По материалам пресс-центра Министерства транспорта Российской Федерации:

<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10549>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10572>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10584>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10571>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10566>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10577>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10581>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10514>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10562>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10486> ●



КОЛЕСО ИСТОРИИ

**ПРАВО
И ТРАНСПОРТ 86**

*История становления
и сегодняшняя деятельность
Московской межрегиональной
транспортной прокуратуры.*



**ГАЛЕРЕЯ
ИМЁН ИСТОРИИ
ТРАНСПОРТА 94**

*И. Г. Александров и его
транспортные проекты.*



ПРЕСС-АРХИВ 103

*Как оценивались экономичность
и технологичность электрической
тяги более 110 лет назад.*





НАУЧНАЯ СТАТЬЯ
УДК 347.963:656
DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-10>

Актуальные вопросы становления и развития Московской межрегиональной транспортной прокуратуры



Олег ОПЁНЫШЕВ



Ольга ЗЕМЛИНА



Дмитрий ЯНГЁЗ

*Олег Сергеевич Опёнышев*¹, *Ольга Михайловна Землина*², *Дмитрий Иванович Янгёз*³

¹ *Московская межрегиональная транспортная прокуратура, Москва, Россия.*

² *Российский университет транспорта, Москва, Россия.*

³ *Московский государственный университет спорта и туризма, Москва, Россия.*

✉ ² zemlina.o@yandex.ru.

АННОТАЦИЯ

Целью исследования вопросов, связанных с участием транспортных прокуроров в решении проблем обеспечения законности на транспорте, является осмысление роли и значения транспортной прокуратуры в истории России и на современном этапе её развития, выявление наиболее значимых направлений деятельности транспортных прокуроров и эффективных средств её осуществления в интересах реализации национальных задач социально-экономического развития, реализации положений Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом до 2035 года.

На основе применения историко-правового метода выявлены этапы становления и развития транспортной прокуратуры в России, определены закономерные взаимосвязи между развитием транспортной отрасли и изменением роли и правового положения транспортных прокуроров, сделаны выводы относительно значения развития транспортной прокуратуры в современный период и возможности использования исторического опыта правового регулирования отношений с участием транспортных прокуроров для решения актуальных задач развития транспортной системы.

Формально-догматический и статистический анализ позволил раскрыть основные направления деятельности транспортных прокуроров, сформулировать на основе анализа работы Московской межрегиональной транспортной прокуратуры выводы о наиболее

перспективных формах, методах и средствах реализации полномочий транспортных прокуроров в целях обеспечения законности на транспорте.

Использование системно-правового анализа дало возможность проанализировать состояние и перспективы дальнейшего взаимодействия Московской межрегиональной транспортной прокуратуры и подразделений Российского университета транспорта по формированию правовой культуры будущих специалистов на транспорте, правовому просвещению студентов и учащейся молодежи, определить пути и средства решения задач гражданско-правового воспитания обучающихся с использованием потенциала и с учётом возможной корреляции усилий преподавателей правовых дисциплин РУТ и транспортных прокуроров.

Реализация отдельных предложений, сформулированных авторами, может способствовать приращению научного знания о роли, направлениях и формах работы транспортных прокуроров, совершенствованию дальнейшего взаимодействия Московской межрегиональной транспортной прокуратуры и подразделений Российского университета транспорта в целях обеспечения законности на транспорте, реализации Соглашения о сотрудничестве между Московской межрегиональной транспортной прокуратурой и Российским университетом транспорта.

Ключевые слова: транспортная прокуратура, специалисты на транспорте, правовая культура, правовое просвещение.

Для цитирования: Опёнышев О. С., Землина О. М., Янгёз Д. И. Актуальные вопросы становления и развития Московской межрегиональной транспортной прокуратуры // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 6 (103). С. 86–93. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-10>.

**Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the article in English is published in the second part of the issue.**

ВВЕДЕНИЕ

В условиях увеличения многообразия и усложнения транспортных отношений, расширения субъектного состава их участников, связанного как с возрастанием рисков и угроз транспортной безопасности и безопасности на транспорте в целом, так и с появлением новых, инновационных видов транспортных средств, вопросы обеспечения законности на транспорте приобретают особое значение. Соответственно, существенно возрастает роль транспортной прокуратуры.

В связи с этим вполне обосновано то внимание, которое уделяется представителями научного сообщества, а также практическими работниками, анализу роли, поиску наиболее эффективных направлений, форм и методов работы транспортных прокуроров.

Вопросы, связанные с прокурорской деятельностью, реализацией полномочий транспортных прокуроров неоднократно становились предметом исследования представителей научной школы «Транспортное право», созданной и функционирующей в Юридическом институте Российского университета транспорта.

В частности, актуальные вопросы прокурорского надзора, осуществляемого в целях обеспечения транспортной безопасности и безопасности на транспорте достаточно подробно раскрывались как в монографической, так и учебной литературе [1; 2].

Пониманию направлений и форм работы транспортных прокуроров по данному направлению может способствовать дальнейшая научная проработка вопросов, связанных с обеспечением безопасности транспортной инфраструктуры [3; 4], минимизацией негативного воздействия так называемого «человеческого фактора» [5], противодействием террористическим угрозам на транспорте [6; 7], устранением рисков причинения ущерба экологии [3; 5], совершенствованием технического регулирования в сфере транспорта [8] и др.

Анализу особенностей надзорной деятельности транспортных прокуроров, направленной на защиту законных прав и интересов субъектов предпринимательства в условиях рыночной экономики, уделено внимание, в первую очередь, в учебниках, ориентированных на подготовку будущих специалистов на транспорте [9, с. 665–670].

Предметно и достаточно основательно рассмотрены вопросы прокурорского надзора за законностью деятельности контрольно-надзорных органов на транспорте, организации взаимодействия правоохранительных и иных органов при

осуществлении государственного контроля (надзора) на транспорте в учебниках, ориентированных, в том числе, на повышение квалификации инспекторского состава Федеральной службы по надзору в сфере транспорта, подготовку студентов РУТ по соответствующим образовательным программам высшего образования [10, с. 298–300, 313].

Следует отметить, что в ряде монографических и учебных изданий рассмотрены важные и вызывающие затруднение для освоения обучающимися, применения на практике аспекты обеспечения законности на транспорте в особых условиях. Речь идёт, в частности, о применении мер прокурорского реагирования на нарушения законности в условиях сложной эпидемиологической обстановки, связанной с необходимостью предупреждения завоза и распространения массовых инфекционных заболеваний на транспорте [11–13].

Разумеется, представителями научного сообщества не мог быть оставлен без внимания такой значимый для прокурорской деятельности на транспорте вопрос, как противодействие коррупции [14–16].

Проблемные вопросы участия прокуроров в правовом воспитании, правовом просвещении молодежи [17; 18], реализации молодежной политики на транспорте [19–21] также основательно рассмотрены в трудах представителей научной школы «Транспортное право».

Естественно, что рассмотрение многих вопросов так или иначе связано, непосредственно или в порядке исторического анализа становления правовых норм, с хронологией деятельности транспортной прокуратуры на различных этапах.

Вместе с тем, несмотря на наличие достаточно большого массива научных публикации по истории прокуратуры, вопросы развития именно транспортной прокуратуры не так часто становятся предметом рассмотрения. Можно, с другой стороны, отметить недавно вышедшую книгу «300 лет прокуратуре России. От истоков до наших дней» и ряд статей, опубликованных в прошлом десятилетии [22–24].

Статья призвана в какой-то степени восполнить этот пробел.

РЕЗУЛЬТАТЫ

История становления и развития транспортной прокуратуры России

В процессе подготовки к празднованию 300-летия Российской прокуратуры в этом году специалистами достаточно подробно проанали-



зированы и изучены исторические вехи становления и развития этого уникального государственного института, не имеющего аналогов в мировой правоохранительной практике.

Это, а также наличие иных трудов монографического характера, учебных изданий по интересующей нас проблематике в части развития прокуратуры в целом даёт возможность ограничиться абрисным анализом наиболее значимых выводов и умозаключений специалистов, сосредоточиться преимущественно на вопросах, связанных с историей развития транспортной прокуратуры.

С момента создания прокуратуры в России, которым считается 12 января 1722 года, день подписания Петром I (Великим) Указа об учреждении должности Генерал-прокурора, подчинявшегося непосредственно Императору, правовое положение прокуроров и структура органов прокуратуры менялась неоднократно.

Однако, при этом неизменным оставалось то значение, которое придавалось их роли в обеспечении законности. В упомянутом выше Указе, в частности, было сказано: «Нынче ни о чём так не надлежит трудиться», как о том, чтобы в короткий срок реализовать насущную потребность государства в назначении на посты генерал- и обер-прокуроров достойных людей. При создании прокуратуры, Петром I перед ней ставилась задача «уничтожить или ослабить зло, проистекающее из беспорядков в делах, неправосудия, взяточничества и беззакония»¹.

Суть должности прокурора Петр I изложил весьма кратко и доступно: «Сей чин яко око наше». Именно с тех пор в России прокуратура и именуется «оком государевым».

Во все времена, несмотря на изменения в правовом положении прокуроров, вызванные необходимостью решения сиюминутных задач, основной функцией прокуратуры оставался надзор за исполнением законов.

В частности, во времена правления Екатерины II прокурор имел следующие обязанности: предупреждать нарушение права, принимать меры пресечения нарушений, опротестовывать незаконные акты. Начиная с 1802 года генерал-прокуроры официально стали одновременно министрами юстиции. В 1862 году

¹ 300 лет прокуратуре России. Веб-сайт Генеральной прокуратуры Российской Федерации. [Электронный ресурс]: <https://epp.genproc.gov.ru/web/gprf/about-the-proc/300-years>. Доступ 05.10.2022.

согласно утверждённым Государственным Советом Основным положениям о прокуратуре, главной целью прокуратуры стало осуществлять наблюдение за точным и одинаковым исполнением законов в Российской Империи. После Судебной реформы 1864 года, согласно Уставу уголовного судопроизводства прокуратура была переквалифицирована в орган по уголовному преследованию. Прокурору подчинялось полицейское дознание, также поручалось наблюдение за предварительным следствием.

В советское время, начиная с 1922 году, согласно Положению о прокурорском надзоре, прокуратура должна была: проводить работу от имени государства по надзору соблюдения закона органами власти, хозяйственными учреждениями, организациями и гражданами, осуществляющими деятельность в общественном или частном порядке; опротестовывать постановления и распоряжения, расходящимися с законом; проводить надзор за деятельностью органов, которые осуществляют расследование; поддерживать государственные обвинения в суде; наблюдать за тем, чтобы заключённые содержались правильно.

«Положением о Прокуратуре Союза ССР»¹ было установлено правовое положение прокуратуры как самостоятельной, единой, централизованной системы государственных органов, осуществляющей свою деятельность вне зависимости от влияния местного органа власти, подчинённой исключительно Генеральному прокурору Союза ССР. При этом в структуре прокуратуры наравне с Главной военной прокуратурой особо выделялись Главная прокуратура железнодорожного транспорта и Главная прокуратура водного транспорта.

Положение о прокурорском надзоре в СССР¹ уточняло назначение прокурорского надзора: прокуроры должны обжаловать все приказы и правовые акты, противоречащие правовым нормам, не имеющие обоснования приговоры, решения, определения и постановления судов. Также в обязанности прокуроров было вменено привнесение в государственные и общественные организации представлений относительно ликвидации нарушений законодательства и причин, способствовавших указанным нарушениям.

В настоящее время прокуратура как орган, не входящий ни в одну из ветвей власти, осуществляет свою деятельность на основе ст. 129 Конституции Российской Федерации и в соответствии с Федеральным законом «О прокуратуре

Российской Федерации»² согласно принципам законности, единства и централизации органов прокуратуры, независимости, гласности.

Роль и место транспортной прокуратуры в системе обеспечения законности на транспорте исследовались специалистами в области транспортного права.

Основательно утверждается, что необходимость обеспечения законности на транспорте непосредственно после революции стояла особенно остро. Поэтому ещё до создания советской прокуратуры действовали военно-транспортные революционные трибуналы. На трибуналы, а затем на военных прокуроров возлагались функции надзора за соблюдением законности на транспорте [19, с. 313].

С целью обеспечения надзора за соблюдением законодательства на транспорте, в послереволюционный период, одновременно с территориальными прокуратурами была создана транспортная прокуратура.

В соответствие с принятым в 1922 году Положением о прокурорском надзоре на прокуроров возлагались обязанности по надзору за соблюдением дисциплины и правил безопасности движения на железнодорожном и водном транспорте, обеспечением сохранности перевозимых железнодорожным и водным транспортом народнохозяйственных грузов.

В конце 1930 года в целях усиления борьбы с преступлениями, угрожающими работе транспорта, приближения разбора дел об этих преступлениях к месту их совершения и ускорения производства по ним, были созданы специальные прокурорские органы на железнодорожном транспорте и железнодорожные линейные суды³.

В 1933 году учреждена должность Главного транспортного прокурора, просуществовавшая до 1960 года.

Указом Президиума Верховного Совета СССР от 3 марта 1960 года транспортные прокуратуры были ликвидированы с передачей их функций территориальным прокуратурам. Основанно отмечается, что на протяжении последующих пятнадцати лет, последовательно происходило увеличение аварийных случаев и опасных ситуаций на транспорте, также возросло количество хищений перевозимых транс-

портным сообщением грузов, в особенности импортных и экспортных, а уровень соблюдения законности на транспорте достиг критически низкого показателя. В связи с этим вопрос о воссоздании транспортных прокуратур как самостоятельных субъектов прокурорского надзора в системе прокуратуры СССР стал особенно актуальным [19, с. 315].

Приказом Генерального прокурора СССР № 9 от 28 февраля 1977 г. были вновь образованы транспортные прокуратуры, имевшие статус районных прокуратур. Отмечается, что воссоздание деятельности транспортных прокуратур полностью себя оправдало, в связи с чем были созданы транспортные прокуратуры, действующие на правах областных⁴. В Прокуратуре Союза ССР был также создан соответствующий отдел, преобразованный впоследствии в управление, отвечающее за исполнение законов на транспорте.

Приказом Генерального прокурора РФ от 11 ноября 1993 года определены предмет и пределы надзора за исполнением законов транспортными прокурорами. В частности, на органы транспортной прокуратуры был возложен надзор за законностью правовых актов и исполнением законов предприятиями, организациями и учреждениями, общественными объединениями, должностными лицами Министерства путей сообщения РФ, Департаментов морского, речного и воздушного транспорта, а по вопросам исполнения законов о безопасности движения железнодорожного, морского, речного, воздушного транспорта – независимо от форм собственности и ведомственной принадлежности.

Таким образом, даже самый краткий анализ правовых актов, определяющих исторические вехи становления и развития транспортных прокуратур, показывает зависимость возникновения и восстановления их системы от усложнения задач, решаемых транспортной системой России на соответствующих исторических этапах.

Транспортная прокуратура в современных условиях

Прокуратура Российской Федерации является единой федеральной централизованной системой органов, осуществляющих от имени государства надзор за исполнением действующего на территории России законодательства.

Пунктом «о» статьи 71 Конституции РФ вопросы, связанные с организацией и деятельностью

⁴ Приказ Генерального прокурора СССР от 5 ноября 1980 г. «Об организации транспортных прокуратур на железнодорожном, водном и воздушном транспорте».

² Федеральный закон от 17 января 1992 года № 2202-1 (с посл. изм. и доп.) «О прокуратуре Российской Федерации».

³ Постановление ЦИК и СНК СССР от 27 ноября 1930 г. «О железнодорожных линейных судах и специальных прокурорских органах».



прокуратуры, отнесены к ведению Российской Федерации. Полномочия, организация и порядок деятельности прокуратуры РФ определяются Федеральным законом «О прокуратуре Российской Федерации» (ст. 129 Конституции РФ). Также Конституцией РФ определён порядок назначения на должность и освобождения от должности Генерального прокурора РФ и всех нижестоящих прокуроров (ч. 2 ст. 98 Конституции РФ).

Согласно норме ч. 2 ст. 1 Федерального закона «О прокуратуре Российской Федерации» основными задачами и целями прокуратуры являются: обеспечение верховенства закона; обеспечение единства и укрепления законности; защита (обеспечение защиты) прав и свобод человека и гражданина, а также охраняемых законом интересов общества и государства.

Транспортные прокуратуры, к которым относятся прокуратуры на железнодорожном, водном и воздушном транспорте, являясь специализированными прокуратурами, входят в систему органов прокуратуры Российской Федерации.

Полномочия транспортных прокуратур, а также предметы их ведения строго разграничены с учётом местных условий, линейности и протяжённости транспортных коммуникаций, а также дислокации транспортных объектов⁵.

Московская межрегиональная транспортная прокуратура (далее – ММТП) образована приказом Генерального прокурора Российской Федерации от 16.12.2006 г. № 117 и осуществляет свои полномочия с 1 марта 2007 года.

В структуру ММТП входят 22 транспортные прокуратуры (на правах районных) [22, с. 221].

Работники ММТП осуществляют надзор за исполнением законов, соблюдением прав и свобод человека и гражданина, за законностью издаваемых правовых актов в сфере деятельности железнодорожного, воздушного и внутреннего водного транспорта, а также в таможенной сфере. В их компетенцию входит надзор за уголовно-процессуальной и оперативно-розыскной деятельностью органов внутренних дел на транспорте, таможенных органов, процессуальной деятельностью органов Следственного комитета Российской Федерации, координация деятельности правоохранительных органов по борьбе с преступностью на железнодорожном, воздушном и внутреннем водном транспорте, в таможенной сфере. Прокуроры

принимают участие в рассмотрении судами уголовных, гражданских, арбитражных и административных дел, осуществляют организационно-методическое и оперативное руководство подчинёнными работниками.

Прокуратура функционирует в трёх федеральных округах: Центральном, Южном и Приволжском. «География» надзорной деятельности ММТП распространяется полностью или частично на территорию 19 субъектов Российской Федерации – г. Москвы, Московской, Белгородской, Брянской, Владимирской, Воронежской, Волгоградской, Калужской, Курской, Липецкой, Орловской, Пензенской, Рязанской, Ростовской, Саратовской, Смоленской, Тамбовской, Тверской и Тульской областей.

Надзорные мероприятия ММТП планируются исходя из анализа состояния законности в данной сфере, в том числе используется информация средств массовой информации, Федеральной государственной информационной системы «Единый реестр контрольных (надзорных) мероприятий», общественных объединений.

Особое внимание прокуратурой уделяется вопросам снижения административного давления на бизнес, соблюдения требований законодательства о контрольной (надзорной) деятельности.

В частности, факт игнорирования требований законодательства о государственном контроле (надзоре), в рамках введённого с 10.03.2022 г. моратория, установлен прокуратурой в ходе проверки деятельности УГАН НОТБ по ЦФО Ространснадзора (далее – Управление, УГАН). Контрольные (надзорные) мероприятия в отношении контролируемых лиц, объектов контроля, предусмотренные ежегодными планами, подлежат отмене. Однако в акте плановой выездной проверки, проведённой Управлением в отношении АО «Ц» указано, что проверка «приостанавливается» (пункт 11). Указанные нарушения отражены в представлении прокуратуры, внесённом руководителю Управления. По итогам её рассмотрения выявленные нарушения устранены, виновные лица привлечены к дисциплинарной ответственности.

В первом полугодии 2022 года межрегиональной транспортной прокуратурой в рамках мониторинга ЕРКНМ выявлялись многочисленные нарушения правил его ведения.

Так, установлен факт несвоевременного внесения данных о результатах проверки должностным лицом УГАН, в отношении которого прокуратурой возбуждено дело об административном правонарушении по части 3 статьи 19.6.1 КоАП РФ. Виновное лицо привле-

⁵ Приказ Генерального прокурора Российской Федерации от 7 мая 2008 года № 84 «О разграничении компетенции прокуроров территориальных, военных и других специализированных прокуратур».

чено к административной ответственности в виде предупреждения.

Особое внимание прокуратурой уделяется изучению результатов контрольных (надзорных) мероприятий, оформлению их результатов.

Под пристальным вниманием межрегиональной транспортной прокуратуры находится соблюдение прав хозяйствующих субъектов при оказании им государственных услуг.

Проверкой, проведённой межрегиональной транспортной прокуратурой в Московском (далее – МТО) и Юго-Восточном (далее – ЮВТО) территориальных отделах Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по железнодорожному транспорту (далее – Управление, Роспотребнадзор на железнодорожном транспорте), выявлены многочисленные нарушения закона.

В первом полугодии 2022 года проверялось соблюдение прав участников ВЭД при предоставлении им государственных услуг по вопросам таможенного дела. Прокурорскими проверками устанавливались факты ненадлежащего информирования заявителей о дате и времени предоставления услуги, не соблюдения порядка направления ответов по результатам оказания услуг. Имели место случаи их оказания неуполномоченными лицами в помещениях, которые не соответствуют предъявляемым требованиям. Такие нарушения выявлялись Московско-Ярославским и Московско-Курским транспортными прокурорами.

Межрегиональной транспортной прокуратурой на постоянной основе проводится мониторинг электронных информационно-справочных систем проектов и принятых нормативных правовых актов органов государственной власти субъектов Российской Федерации, регулирующих вопросы осуществления предпринимательской, инвестиционной деятельности, государственного контроля (надзора) и муниципального контроля.

В первом полугодии 2022 года аппаратом прокуратуры и транспортными прокурорами (на правах районных) в ходе изучения правовых актов органов местного самоуправления выявлялись положения, ущемляющие права субъектов предпринимательской деятельности.

Например, Брянской транспортной прокуратурой в правилах благоустройства территорий сельских поселений Брянской области установлены факты возложения представи-

тельными органами местного самоуправления на железнодорожные предприятия обязанности по уборке и содержанию железнодорожных путей в полосе отвода железной дороги, что противоречит требованиям статей 87, 90 Земельного кодекса Российской Федерации.

Работа Московской межрегиональной транспортной прокуратуры по укреплению законности в сфере защиты прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей в современных условиях, когда беспрецедентное санкционное давление со стороны недружественных государств создаёт препятствия нормальному развитию бизнеса в сфере транспорта, нуждается, как никогда, в системном осмыслении и научном сопровождении.

Актуальные аспекты участия Московской межрегиональной транспортной прокуратуры в формировании правовой культуры будущих специалистов на транспорте

Вопросы формирования правовой культуры традиционно имели существенное значение для подготовки будущих специалистов на транспорте [25, с. 249; 26, с. 262–263],

В связи с этим взаимодействие преподавателей Юридического института Российского университета транспорта с работниками Московской межрегиональной транспортной прокуратуры не только обосновано, но и необходимо для формирования у будущих специалистов-транспортников уважения к праву, умения адекватно толковать правовые нормы и применять их в деятельности по предстоящему должностному предназначению.

Сложившееся системное взаимодействие работников Московской межрегиональной транспортной прокуратуры и профессорско-преподавательского состава РУТ, получило новый импульс в период подготовки и празднования 300-летия Российской прокуратуры. Были организованы ежемесячный студенческий лекторий «300 лет на страже закона», конкурс студенческих проектов «Российская прокуратура: 300 лет на страже закона», итоги которого были подведены 16 марта 2022 года на Всероссийской научно-практической конференции «Российская прокуратура: история, современность и перспективы развития».

В настоящее время, когда курс на инновационную политику транспортной отрасли предопределил новые подходы к подготовке профессиональных кадров для транспортных



организаций, о чём свидетельствует Концепция подготовки кадров для транспортного комплекса до 2035 года, роль транспортной прокуратуры в правовом воспитании молодежи и студентов Российского университета транспорта постоянно возрастает и осуществляется по различным направлениям.

Так, 20 апреля 2022 года на дискуссионной площадке Юридического института РУТ состоялась Всероссийская научно-практическая конференция «Роль институтов гражданского общества в системе обеспечения безопасности на транспорте», организаторами которой выступили Российский университет транспорта (кафедра «Транспортное право» Юридического института), Московская межрегиональная транспортная прокуратура и Межрегиональная общественная организация «Национальный комитет общественного контроля».

В рамках Недели науки РУТ (2022 года) Юридическим институтом Российского университета транспорта совместно с Московской межрегиональной транспортной прокуратурой проведён цикл мероприятий, направленных на реализацию положения Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, предусматривающей в качестве важнейшего условия развития транспортной системы России внедрение инновационных технологий и совершенствование системы подготовки кадров, интеграцию науки, образования и бизнеса.

Проведены конкурсы научно-исследовательских проектов студентов и аспирантов на темы: «Проблемы правового обеспечения реализации отраслевой транспортной политики в условиях современных вызовов и угроз», «Проблемы правового обеспечения экологической безопасности на транспорте». В конкурсах приняли участие более 120 студентов и аспирантов. По итогам обсуждения отобрано для опубликования в сборнике научных статей «Правовое обеспечение транспортной политики и безопасности на транспорте: опыт, проблемы и перспективы»⁶ более тридцати

⁶ Правовое обеспечение транспортной политики и безопасности на транспорте: опыт, проблемы и перспективы / Сборник научных трудов по результатам научных мероприятий, организованных кафедрой «Транспортное право» в рамках подготовки и проведения недели науки в Юридическом институте РУТ (МИИТ). – М.: КноРус, 2022. – 344 с. ISBN 9785466017908. [Электронный ресурс]: <https://www.litres.ru/aleksandr-igorevich/pravovoe-obespechenie-transportnoy-politiki-68005310/>. Доступ 05.10.2022.

статей, отражающих результаты исследовательских проектов, которые в настоящее время уже размещены в наукометрической базе РИНЦ. Церемония награждения победителей, в числе которых оказались не только студенты РУТ, но и представители юридических факультетов Института законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации; Финансового университета при Правительстве Российской Федерации; Международного юридического института, а также Белорусского государственного университета, была организована в рамках проведения Межведомственного научно-практического семинара «О направлениях взаимодействия Московской межрегиональной транспортной прокуратуры и Российского университета транспорта», состоявшегося 28 сентября 2022 года. На том же мероприятии состоялось подписание Соглашения о сотрудничестве между Московской межрегиональной транспортной прокуратурой и Российским университетом транспорта, в церемонии которого приняли участие Московский межрегиональный транспортный прокурор К. Н. Букреев и ректор Российского университета транспорта А. А. Климов.

Не подлежит сомнению, что проведённые мероприятия будут способствовать формированию правозначимых компетенций у будущих специалистов на транспорте, деятельность которых будет связана с применением многочисленных, подчас противоречивых норм права в условиях сложной и динамично меняющейся обстановки, характерной для функционирования транспортной системы России.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аргамонова С. Н., Расулов А. В., Пищелко А. В., Землин А. И. [и др.] Актуальные проблемы правового обеспечения профессиональной деятельности: Учебник / Отв. ред. А. И. Землин. Гриф УМО ВО. – М.: Изд-во Юрайт, 2020. – 460 с. ISBN 9785534136739.
2. Духно Н. А., Землин А. И., Землина О. М., Лещов Г. Ю. и др. Правовые проблемы обеспечения транспортной безопасности: Монография. – М.: Юридический институт МИИТ, 2018. – 120 с. ISBN 978-5-7876-0302-6.
3. Bagreeva, E. G., Zemlin, A. I., Shamsunov, S. K., Blankov, A. S. On the issue of classification of risks of environmental safety of the transport complex: legal and organizational aspects. *Turismo-estudos e praticas*. – No. 01 (2021): *Caderno Suplementar 01*. [Электронный ресурс]: <https://geplat.com/rtep/index.php/tourism/article/view/882/843>. Доступ 21.09.2022.
4. Zemlin, A., Kholikov, I., Mamedova, I., Zemlina, O. Problems of Ensuring Security of Transport Infrastructure Facilities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, Vol. 666, 042002. DOI: 10.1088/1755-1315/666/4/042002.

5. Bagreeva, E. G., Shamsunov, S. K., Zemlin, A. I. Environmental Safety Conditions in the Transport Sector by Improving the Culture of Lawmaking. *Ekoloji*, 2019, Vol. 28, No. 107, pp. 4071–4076.
6. Землин А. И., Козлов В. В. Противодействие терроризму. Организационно-правовое обеспечение на транспорте: Учеб. пособие. – М.: Юрайт, 2019. Сер. 74 Бакалавр. Специалист. Магистр (1-е изд.). – 182 с. ISBN 978-5-534-10013-6.
7. Kharlamova, Y., Pishchelko, A., Zemlin, A. Problems of Realisation of Public Oversight in the Field of Transport Counterterrorism Policy. *Kutafin University Law Review*, 2020, Vol. 7, Iss. 1, pp. 67–78. DOI: 10.17803/2313-5395.2020.1.13.067-078.
8. Zemlin, A., Kholikov, I., Mamedova, I. Current Issues of Metro Safety Technical Regulations. In: *Proceedings of the 13th International Scientific Conference on Architecture and Construction 2020. Lecture Notes in Civil Engineering*. Springer, Singapore, 2021, Vol. 130, pp. 236–247. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-33-6208-6_24.
9. Правовое регулирование рыночной экономики (на примере транспортной отрасли): Учебник / Коллектив авторов; под ред. А. И. Землина. – М.: КноРус, 2023. – 690 с. ISBN 978-5-406-10740-9.
10. Актуальные проблемы правового регулирования и организации контрольно-надзорной деятельности: Учебник / Коллектив авторов; под ред. А. И. Землина. – М.: КноРус, 2023. – 590 с. ISBN 978-5-406-10620-4.
11. Землин, А. И. Организационно-правовые основы функционирования транспортной системы в условиях сложной эпидемиологической обстановки: Учебник / Отв. ред. А. И. Землин, И. В. Холиков. – М.: Русайнс, 2020. – 310 с. ISBN 978-5-4365-6523-1.
12. Землин А. И., Клёнов М. В., Холиков И. В. Организационно-правовые проблемы предупреждения завоза и распространения массовых инфекционных заболеваний на транспорте (на примере пандемии коронавирусной инфекции COVID-19): Монография. – М.: Русайнс, 2020. – 126 с. ISBN 978-5-4365-6573-6.
13. Chernogor, N. N., Zemlin, A. I., Kholikov, I. V., Mamedova, I. A. Impact of the Spread of Epidemics, Pandemics and Mass Diseases on Economic Security of Transport. *E3S Web of Conferences*, 2020, Vol. 203, 05019. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020305019>.
14. Землин А. И., Корякин В. М., Землина О. М., Козлов В. В. Правовые основы противодействия коррупции: Учебник и практикум / Под ред. А. И. Землина, В. М. Корякина. – М.: Юрайт, 2019. Сер. 73 Бакалавр и специалист (1-е изд.). – 197 с. ISBN 978-5-534-09254-7.
15. Землин А. И., Землина О. М., Корякин В. М., Козлов В. В. Противодействие коррупции. Правовые основы: Учебник и практикум для среднего профессионального образования / Под общ. ред. А. И. Землина. – М.: Юрайт, 2023. – 197 с. – (Профессиональное образование). ISBN 978-5-534-10806-4.
16. Землин А. И., Идрисов Р. Ф. Формирование основ антикоррупционного правосознания молодежи как форма участия институтов гражданского общества в проти-
- водействии коррупции // Электронное сетевое издание «Международный правовой курьер». – 2020. – № 5. – С. 30–36. DOI: 10.34790/IL.2019.2019.50093.
17. Землин А. И. Формирование правовой культуры специалиста на транспорте как условие реализации Транспортной стратегии и достижения национальных целей социально-экономического развития России // В сб.: «Транспортная безопасность и противодействие терроризму на транспорте: правовые и организационные аспекты». II Международный научный форум. Российский университет транспорта, Юридический институт. – М.: РУТ, 2021. – С. 21–28. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47471414>. Доступ 22.09.2022.
18. Bagreeva, E. G., Zemlin, A. I., Shamsunov, S. Kh. Does Environmental Safety Depend Upon the Legal Culture of Transport Specialists? *Ekoloji*, 2019, Iss. 107, pp. 4961–4965.
19. Грувер Н. В., Землин А. И., Землина О. М., Клёнов М. В., Холиков И. В. Правовые и организационные основы добровольческой (волонтерской) деятельности: Учебник / Коллектив авторов; под ред. А. И. Землина. – М.: КноРус, 2021. – 158 с. ISBN 978-5-406-08761-9.
20. Грувер Н. В., Землин А. И., Холиков И. В. Правовые проблемы и организационно-педагогические условия реализации интеграционного потенциала волонтерской деятельности в процессе подготовки специалистов в области юриспруденции: Монография. – М.: Русайнс, 2021. – 264 с. ISBN 978-5-4365-6596-5.
21. Грувер Н. В., Землина О. М., Назарова Р. К. Волонтерская помощь инвалидам и маломобильным гражданам в образовательных организациях высшего образования транспортной отрасли // *Мир транспорта*. – 2021. – Т. 19. – № 1 (92). – С. 246–258. DOI: 10.30932/1992-3252-2021-19-246-258.
22. Шкаревский Д. Н. О некоторых причинах создания органов транспортной юстиции в СССР в 30-е гг. XX в. // *История государства и права: научно-правовое издание*. – № 23. – М., 2013. – С. 16–19. [Электронный ресурс]: <https://elib.surgu.ru/fulltext/SCIENCE/5662> [ограниченный доступ].
23. Ковальчук К. С. История развития транспортной прокуратуры // *Правопорядок в современном мире: актуальные проблемы обеспечения и охраны: сборник научных трудов*. Хабаровск: ДВГУПС. – 2016. – С. 80–84.
24. Гавриленко А. А., Иванков К. А. Зарождение и развитие транспортной прокуратуры в VIII – сер. XX вв. // *Сибирский юридический вестник*. – 2011. – № 2 (53). – С. 17–26.
25. Землин А. И., Петров Ю. И. Опыт правового регулирования и организации обучения и преподавания в Императорском московском инженерном училище: 1896–1913 // *Вестник архивиста*. – 2021. – № 1. – С. 248–258. DOI: 10.28995/2073-0101-2021-1-248-258 [ограниченный доступ для подписчиков].
26. Петров Ю. И., Землин А. И., Землина О. М. Зарождение системы управления путями сообщения и транспортного законодательства России в IX–XVIII веках // *Мир транспорта*. – 2019. – Т. 17. – № 3 (82). – С. 260–277. DOI: 10.30932/1992-3252-2019-17-3-260-277. ●

Информация об авторах:

Опёнышев Олег Сергеевич – кандидат юридических наук, заместитель Московского межрегионального транспортного прокурора, почётный работник Прокуратуры Российской Федерации, Москва, Россия.

Землина Ольга Михайловна – кандидат юридических наук, доцент кафедры транспортного права Юридического института Российского университета транспорта, почётный работник высшего профессионального образования, Москва, Россия, zemlina.o@yandex.ru.

Янгёз Дмитрий Иванович – кандидат исторических наук, доцент кафедры социально-экономических и гуманитарных дисциплин Московского государственного университета спорта и туризма, Москва, Россия.

Статья поступила в редакцию 23.09.2022, одобрена после рецензирования 03.11.2022, принята к публикации 11.11.2022.





ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

УДК 621.3(09)

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-11>

Иван Гаврилович Александров. Страницы жизни и достижений



Николай Дмитриевич Григорьев

Кандидат технических наук, Москва, Россия.

✉ 9165688074@yandex.ru.

Николай ГРИГОРЬЕВ

АННОТАЦИЯ

Академик Иван Гаврилович Александров – выдающийся гидроэнергетик, основоположник комплексного проектирования крупных гидроэлектрических станций и ирригационных систем, разработчик плана ГОЭЛРО, автор оригинальных новаторских идей, которые потом серьезно повлияли на дальнейшее развитие гидроэнергетики и имеют до сих пор практическое значение, создатель ДнепроГЭСа. Ангарский каскад ГЭС проектировался тоже по разработкам и предложениям Ивана Гавриловича. Блестящий исследователь, проектировщик, экономист, педагог, организатор и руководитель окончил Московское ин-

женерное училище (ныне – Российский университет транспорта (МИИТ)).

Иван Александров получил признание во всём мире как выдающийся российский учёный и инженер. Его деятельность в основном пришлась на самые тяжёлые годы становления народного хозяйства СССР – на годы первых пятилетних планов...

В течение многих лет он преподавал в высших учебных заведениях Ленинграда и Москвы и пользовался большой любовью и уважением у студентов.

Ключевые слова: история техники, план ГОЭЛРО, ДнепроГЭС, гидроэнергетика, железная дорога, мостостроение, экономическое районирование, сверхмагистрализация железных дорог.

Для цитирования: Григорьев Н. Д. Иван Гаврилович Александров. Страницы жизни и достижений // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 6 (103). С. 94–102. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-11>.

**Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the article in English is published in the second part of the issue.**

ПЕРВЫЕ ШАГИ...

Иван Гаврилович Александров родился в Москве 20 августа 1875 года. Маргарита Васильевна (урождённая Беляева), мама будущего учёного, пела в хоре Большого театра. В турецкую кампанию отправилась вслед за своим мужем – военным фельдшером Гаврилом Ивановичем Александровым – добровольно на фронт сестрой милосердия. После окончания русско-турецкой войны Маргарита Васильевна так и не вернулась в театр, а продолжила службу медсестрой в Шереметьевской больнице, где в должности фельдшера и ученика аптекаря работал её муж.

Когда сыну исполнилось десять лет, его определили в Московское реальное училище. Семья Александровых не была обеспеченной, поэтому юному реалисту приходилось давать уроки, внося «свой личный вклад» в общую копилку семьи.

Из всех предметов, которые входили в программу обучения, больше всего Ваню интересовали математика и география.

«Только два предмета, – писал он впоследствии (в 1903 году), – привлекали меня: это математика и география, в особенности география, и на это были особые приметы. Науку эту преподавал Янчин – личность очень высокая по своему внутреннему содержанию. Уроки его были живым ознакомлением с миром; приносились растения, камни, картины, приборы, карты. А его речь простая и сильная любовью к делу очаровывала меня. Он этого не знал до самой смерти, но я его прямо любил, и у меня до сих пор личность Янчина не изгладилась из ряда лучших людей, которые когда-либо встречались мне в жизни.

Если к этому прибавить его глубокое понимание детей и справедливое до щепетильности к ним отношение, то я думаю... ясна станет эта светлая личность педагога. Он умер (от воспаления лёгких), когда я был уже в шестом классе, и я рыдал как ребёнок на панихиде по нему, точно терял самое близкое и дорогое, что меня связывало с училищем» [1, с. 10].

В своих письмах, датированных 1903 годом, Иван Гаврилович сообщал много любопытных фактов об обстановке в реальных училищах 80-х годов XIX века.

«Чтобы выяснить атмосферу училища, остановлюсь ещё на нескольких лицах... Начну с директора. Звали его Александр Александрович Кривонос. Представь себе плотного,



коренастого старика, но не толстого, с живыми упрямыми чёрными глазами, всегда серьёзного, с разговором на «о». Первое впечатление было далеко не в его пользу – страшный формализм сразу бросался в глаза, где бы он ни был, принимал ли дрова для училища, осматривал ли галстуки учеников или повествовал ученикам первого класса какую-нибудь арифметическую премудрость. Взыскания всегда налагались на нас, даже за пустяки: за оторванный ремень у ранца, за отсутствие пуговиц и т.д. Но с течением времени стали всплывать и другие стороны. Оказывалось, что директор встаёт в 5 часов утра, осматривает все сараи, классы, залы, проверяет всюду температуру воздуха, действие вентиляций; на урок является, не опаздывая ни на одну минуту, и не держит учеников более назначенного времени... Я помню один случай в особенности примечательный: сын Кривоносова застрелился как раз в то время, когда он читал в первом классе арифметику; сказать ему об этом прибежал в класс один учитель; услышав известие, директор страшно побледнел, как-то осунулся сразу и проговорил: «Я кончу урок и приду». От этой фразы прямо на всех столбняк нашёл, а он окончил урок и быстро ушёл. Сын умер...» [1, с. 11].

Получить образование в реальном училище для многих было пределом мечтаний. В младших классах училища у Александрова проявились склонности к рисованию и ручному труду. С годами это превратилось в настоящее мастерство. Будучи уже человеком семейным,



Иван Гаврилович делал декорации для домашних спектаклей, любил рисовать карандашом или акварелью. Много лет Иван Гаврилович занимался любительской фотографией и, по словам очевидцев, делал это прекрасно.

А однажды, работая в 1906 году в г. Шацке, в свободное время Александров профессионально расчистил без посторонней помощи большой запущенный сад, подарив ему новую жизнь. Спустя несколько лет, будучи уже в ранге профессора в Петербурге, Иван Гаврилович построил модели двух известных петербургских мостов, один из которых был разводным. Модели были сделаны из разных пород дерева и воспроизводили мосты с удивительной точностью.

По признанию самого Ивана Гавриловича эти «малозначительные увлечения» играли важную роль в его жизни. В детстве способствовали развитию трудовых навыков и изобретательности. Позднее превратились в идеальный отдых.

В 1894 году Иван Гаврилович завершил своё обучение в реальном училище и поступил в Московское техническое училище (ныне МВТУ имени Н. Э. Баумана). Это учебное заведение было тогда лучшим в России и мире...

Московское техническое училище готовило высокообразованных инженеров-специалистов с широким научно-техническим кругозором. В те годы там читал лекции великий Николай Егорович Жуковский, автор замечательных работ по теоретической механике, гидравлике и аэродинамике, который справедливо считал, что «чистой», абстрактной науки, оторванной от практики, нет и быть не может [1, с. 15]. Жуковский стал для будущего академика идеалом инженера высшего типа с громадным научно-техническим диапазоном.

Также в училище читал лекции Евгений Патон, в то время ещё совсем молодой профессор. Со временем Александров и Патона связал дружба, и они построят вместе не один мост. На третьем курсе Иван Гаврилович увлёкся мостостроением. В известном петербургском журнале «Зодчий», который регулярно читал Александров, публиковались описания наиболее интересных проектов мостов и статьи по вопросам мостостроения, иллюстрированные чертежами, фотоснимками и рисунками. Крупнейший русский инженер-мостовик Г. Г. Кривошеин опубликовал в жур-

нале статью с призывом поднять отечественное мостостроение на уровень подлинного искусства, объединяющего сложные инженерные сооружения и конструкции с архитектурой [2, с. 1]. Именно эти идеи были воплощены в проекте Бородинского моста в Москве, представленного группой в составе инженеров Г. Г. Кривошеина, И. Г. Александрова и архитекторов В. А. Покровского, Е. И. Константиновича на конкурс, объявленный в связи со столетием Бородинского сражения. Проект, участвовавший в конкурсе под девизом «Москве – москвичи», по словам архитектора П. В. Щусева «...подчёркивал национальный характер памятника, возрождая в формах русской каменной архитектуры традиции славных строителей Большого каменного моста» [3].

Поэтому в 1898 году студент Александров решил перевестись в недавно образованное Московское инженерное училище (много позднее РУТ (МИИТ)), которое в те годы даже не имело своего здания и временно располагалось на Тверской, в доме, взятом в аренду.

Училище возглавил один из его основателей, известный русский инженер-путеец профессор Ф. Е. Максименко. Курс обучения был рассчитан на пять лет: три года теоретических занятий и двухлетняя практика на железной дороге. После успешного прохождения практики студент допускался к защите дипломного проекта.

В Московском инженерном училище Александров занимался под руководством выдающихся учёных и инженеров того времени. Курс высшей математики читал профессор Б. К. Млодзиевский, курсы химии и строительных материалов – профессор И. А. Каблуков. Физику и электротехнику преподавал инженер А. А. Эйхенвальд, теоретическую механику – профессор С. А. Чаплыгин. Курс дорог читал известный строитель – военный инженер И. И. Рерберг. Профессор Ф. Е. Максименко преподавал гидравлику.

Все преподаватели специальных инженерных дисциплин были крупными практически инженерами. Такое совмещение педагогической и инженерной практик являлось прекрасным примером для студентов. Будущим инженерам предлагался взгляд на педагогическую работу, как на долг специалиста. Этот взгляд на преподавание сохранился и у Александрова. В 1901 году Иван Гаврилович окончил теоретический курс Инженерного учили-

ща. Практику проходил на строительстве Оренбургско-Ташкентской железной дороги, где проектировал путевые сооружения: мосты, виадуки, водоснабжение. Затем он перешёл на должность «начальника строительной дистанции» и руководил постройкой спроектированных им сооружений.

Во время практики Иван Александров естественно столкнулся с вопросами орошения и водоснабжения, важность которых для Средней Азии сложно переоценить. Видимо, именно тогда он серьёзно увлёкся «водными проблемами». Именно тогда начался путь Александра в мир большой гидроэнергетики и гидротехники.

В 1903 году после окончания практики Иван Гаврилович вернулся в Москву, представил подробный отчёт о выполненных работах, защитил диплом и был утверждён в звании инженера-строителя и снова уехал в Среднюю Азию строить новый участок Оренбургско-Ташкентской дороги на станции Туркестан [4–6].

МОСКВА, ПАТОН, МОСТЫ...

Через год Иван Гаврилович снова вернулся в Москву и под руководством Евгения Патона стал проектировать большие мосты. В тандеме с Патоном были разработаны некоторые вопросы строительной техники, в частности, расчёт дополнительных напряжений в зависимости от жёсткости клёпаных узлов мостовых ферм.

В 1906 году в связи с голодом в Тамбовской губернии были организованы массовые общественные работы, куда и получил своё новое назначение Александров. Иван Гаврилович должен был руководить в уездном городе Шацке всеми этими работами. За год на этой должности он спроектировал и построил несколько мостов и плотин, а также более 100 мелких инженерных сооружений.

Из Шацка Александров переехал в Санкт-Петербург и поступил в техническую контору Г. Б. Красина на должность старшего инженера, где проектировал стропила и мосты для линии Симбирск–Уфа, железобетонные трубы для Средне-Амурской железной дороги и шлюзовые ворота для Западной Двины.

В 1909 году Александров был приглашён Петербургским металлическим заводом для проектирования Финляндского моста через Неву. По окончании проекта он руководил

постройкой этого моста. Одновременно Иван Гаврилович совместно с профессором Г. Г. Кривошеиным создал проекты мостов: через Волгу у г. Старицы пролётом в 75 саженей (160 метров) и конкурсный проект Бородинского моста в Москве [1, с. 17–19].

ИРРИГАЦИЯ В СРЕДНЕЙ АЗИИ

В 1912 году Иван Гаврилович был приглашён на работу в Отдел земельных улучшений Министерства земледелия. Он охотно принял это предложение, так как давно решил посвятить себя проблемам гидротехники и главным образом использованию «белого угля», т.е. гидроэнергетики.

Однако в течение года Александров занимался не гидротехникой и гидроэнергетикой, а проектировал железобетонные мосты через ирригационные каналы в Голодной степи Туркестана. Примерно в это же время он выполнил эскизный проект типовой гидроэлектрической станции, предназначенной для сооружения на перепадах ирригационных каналов.

На следующий год Иван Гаврилович был назначен руководителем изыскательских работ в бассейне Сырдарьи, где должны были построить водохранилища в верховьях реки с целью ирригации.

Назначение молодого талантливого инженера многим показалось странным. Было непонятно, зачем понадобилось Министерству земледелия направлять одарённого петербургского инженера в самую глушь империи, на далёкую реку Сырдарью.

Перед Первой Мировой войной резко повысился интерес правительства и частного капитала к проблемам орошения плодородных земель Средней Азии. Ирригация Туркестана становилась важнейшим условием для усиления деятельности по освоению этого края. Только оросив местные земли, можно было переселить туда русских поселенцев, которые должны были стать опорой и защитниками интересов самодержавия в Туркестане.

Работая в бассейне Сырдарьи, Иван Гаврилович впервые выступает как исследователь и ирригатор. Это стало «преддверием» к его знаменитым проектам крупнейших гидроэлектростанций (в том числе и в Средней Азии). Иван Гаврилович уже тогда предсказывает огромное значение среднеазиатских рек как мощного источника для получения дешёвой электрической энергии. Выдвинутые Александровым идеи о сочетании ирригационных задач





с получением дешёвой электроэнергии были совершенно оригинальными [1, с. 20–25].

Изыскательские работы в Средней Азии велись в летние месяцы, после чего осенью он вместе со своими помощниками возвращался в Петербург, где они проводили камеральную обработку материалов, полученных в экспедиции.

В результате Иван Гаврилович предложил совершенно другой проект, принципиально отличавшийся от предыдущих тем, что для орошения использовались воды более мелких горных рек, текущих с Алтайского хребта. Такое решение позволяло «сравнительно выгодно построить плотину и образовать гигантский резервуар воды» [5].

После революции Александров выходит далеко за рамки ирригационных задач. Он объединяет ирригацию и гидроэнергетику в единый комплекс.

ПЛАН ГОЭЛРО И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

В 1918 году Иван Гаврилович переехал в Москву и поступил в Главный комитет государственных сооружений ВСНХ (Комгоссоор). С 1922 года стал одновременно работать и в Госплане.

По поручению Ленина двести крупных российских учёных и инженеров, в том числе и Александров, под руководством Глеба Кржижановского начали разработку первого в мире государственного плана электрификации. Они должны были предложить решение, как в кратчайшие сроки «залить электрическим светом всю страну». Некоторые специалисты из «старой школы», участвующие в этой комиссии, в душе считали его фантастическим.

3 апреля 1920 г. на заседании Комиссии ГОЭЛРО Иван Гаврилович сделал обширный доклад о программе экономического развития Юга России. В нём он впервые привёл план создания Днепровской гидроэлектрической станции [7].

По плану ГОЭЛРО должны были возвести 31 электростанцию. Девять из них были гидроэлектрическими и сооружались по разработкам Александрова.

План был выполнен по основным показателям в 1931 г. Академик А. В. Винтер указывал, что в 1950 г. годовой электробаланс Советского Союза превзошёл задание плана ГОЭЛРО в 15 раз [1, с. 34].

В связи с работами Комиссии ГОЭЛРО И. Г. Александров принял участие в экономическом районировании страны.

Академик С. Г. Струмилин писал: «Известно, что в основу нынешнего областного деления СССР легла схема экономических районов Госплана, разработанная под непосредственным руководством И. Г. Александрова. Таким образом, ему посчастливилось прочно запечатлеть свою творческую мысль уже в самых общих контурах карты СССР, в грандиозных масштабах одной шестой земного шара. Ему же принадлежит высокая честь оживить эту карту в её новых очертаниях яркими узловыми точками новых мощных энергоцентралей такого масштаба, как Днепрострой» [1, с. 37].

Особенно интересно обоснование Александровым «теории экономического размещения производственных центров, создания производственных комбинатов и разрешение вопросов сверхмагистрализации железных дорог СССР». Новые методы экономического районирования были неоднократно предметом статей учёного. Александров всегда подчёркивал огромное значение экономического районирования в нашей стране. «Районная разработка, – писал он ещё в 1921 году, – позволяет установить теснейшую связь между природными ресурсами, навыками населения, накопленными предыдущей культурой ценностями и новой техникой и получить наилучшую производственную комбинацию, проводя, таким образом, с одной стороны, целесообразное разделение труда между отдельными областями, а с другой стороны, организуя область в крупную комбинированную хозяйственную систему, чем достигается, очевидно, лучший хозяйственный результат» [4].

В своё время именно И. Г. Александров начал разработку вопросов географического размещения промышленности и создания энергопромышленных комплексов, куда должны были входить ирригационные и транспортные системы [7–12].

ДНЕПРОГЭС

Самым выдающимся проектом И. Г. Александрова стал знаменитый ДнепроГЭС. Днепровские пороги – так называемое «проклятие природы», представляли собой непреодолимую естественную преграду для сквозного судоходства и затрудняли даже сплав леса по древнему торговому пути «из варяг в греки». Всего насчитывалось девять главных порогов. Общее паде-



ние Днепра (в порожиистой части), которая имела протяжённость в 65 км, было равно 30,85 м. Опаснейший порог «Ненасытецкий» был прозван лодчанами «Разбойник». Он состоял из семи лав (хребтовидных сплошных масс гранита, пересекавших русло) и 12 мощных гряд камней. Помимо этого, над ним находилась ещё и самая коварная на всём Днестре скала «Гроза».

Проблему Днепра хотели решить давно. Ещё в XIX веке многие учёные занимались исследованием этих порогов, Днестру и его порогам была посвящена не одна научная статья.

Известно порядка 20 дореволюционных проектов, посвящённых проблемам Днепра. Девять из них посвящены улучшению судоходства путём расчистки порогов, устройства каналов и шлюзования и 11 проектов, которые рассматривают одновременно вопросы судоходства и водной энергии. Некоторые проекты включали также схемы использования вод Днепра для орошения приднепровских земель. В этих более ранних проектах на первое место всегда ставилось судоходство. В более поздних работах обе задачи (судоходство и энергетика) рассматривались как равноценные. А в проекте Александра на первое место вышла энергетика.

3 апреля 1920 года на заседании комиссии ГОЭЛРО Иван Александров, сказал следую-

щее: «Пороги не несчастье Днепра, а ценность не меньшая, быть может, чем криворожская руда». Спустя много лет аргументы противников проекта Александра сводились к тому, что энергию такой крупной электростанции некому будет потреблять [9].

Генеральная схема Днепровской ГЭС была готова к концу 1920 года. И уже в январе 1921 года была создана специальная проектно-исследовательская организация Днепрострой, которую, естественно, возглавил Александров. Разработка проекта ДнепроГЭС продолжалась пять лет.

Проект ДнепроГЭСа не имел себе равных в мировой практике по смелости и новаторству. *«Горнопромышленный Юг России, – пишет Александров, – представляет одно из счастливейших сочетаний природных ресурсов, какое только можно встретить: наряду с прекрасными почвами и тёплым климатом стоят огромные запасы каменного угля, железа, марганца, каменной соли, каолина и строительного материала в виде известняков, гранита, гнейса и пр.»* [6, с. 541].

Какие задачи ставил Александров перед своим проектом?

1. Получить максимальное количество наиболее дешёвой гидравлической энергии.
2. Получить наиболее мощную и дешёвую форму транспортных условий по Днестру.





3. Связать главные центры полезных ископаемых дешёвым и мощным железнодорожным транспортом (электромагистралами).

4. Дать решение, которое позволило бы учесть и мелиоративные возможности.

На основе многолетних исследований и тщательного анализа собранных данных Александров определил водную энергию Днепра в 3 963 000 л.с. Согласно проекту, мощность ДнепроГЭС оценивалась в 650 000 л.с. Благодаря участию в проекте академиков А. В. Винтера и Б. Е. Веденеева мощность станции в процессе строительства была увеличена и достигла более 800 000 л.с.

Были решены грандиозные инженерные и экономические проблемы. Во главе всего Александров поставил энергетику, в масштабах, которые позволили бы получить огромное количество дешёвой электрической энергии. Именно с этим связывалось строительство в центре промышленного района Приднепровья ряда энергоёмких производств и других промышленных предприятий. Не рассматривая изолированно энергетику, Иван Гаврилович решал все многочисленные элементы проблем Днепра в их взаимосвязи.

ДнепроГЭС был задуман как главный мотор гигантского промышленного комбината, в состав которого должны входить мощные металлургические заводы. Это выдвинуло транспортные проблемы. Не было связи с районами сырья и потребления готовой продукции. Очевидно, что нужна была супермагистраль: Запорожье–Донбасс–Волгоград. В транспортную схему был включён Днепр – важнейшая водная артерия. Соответственно потребовалось значитель-

ное увеличение Александровского железнодорожного узла...

Противники проекта И. Г. Александрова отзывались о проекте как о «волшебных бреднях», «никому не нужной затее», «честолюбивой выдумке» и т.п. Один профессор утверждал, что «никакого строительства здесь не будет, по крайней мере, ещё лет пятьдесят». На имя председателя ВСНХ Ф. Э. Держинского была подана докладная записка о несвоевременности и ненужности Днепрогэса. Её подписало несколько инженеров металлургических заводов Юга. На эту «записку» Иван Гаврилович ответил статьёй, в которой дал аргументированный отпор и привёл неоспоримые доказательства «целесообразности и настоятельной необходимости создания Днепрогэса для советской промышленности и экономики». 4 ноября 1926 года партия и правительство вынесли положительное решение о сооружении ДнепроГЭС [1, с. 62, 63].

1 мая 1932 года Днепропетровская гидроэлектрическая станция дала свой первый ток. 10 октября состоялось торжественное открытие. К этому моменту многие предприятия уже вовсю пользовались дешёвой электрической энергией. А нагрузка на станцию росла с каждым месяцем, и увеличивалось количество потребителей. ДнепроГЭС экономил в день 10 тыс. т угля.

В 1932 году Иван Александров был награждён орденом Ленина и был избран в число действительных членов Академии наук СССР [13].

РУКОВОДСТВО ТРАНСПОРТНОЙ КОМИССИЕЙ АКАДЕМИИ НАУК СССР (1934–1936 гг.)

Основная работа И. Г. Александрова после избрания в академики протекала в области



транспорта, но, решая крупные комплексные проблемы транспорта СССР в целом, он связывал их с проблемами энергетики и, в частности, гидроэнергетики, развивая и углубляя свои любимые работы по созданию в стране обширной сети гидроэлектрических станций. Александров писал: *«Как сейчас уже выяснилось, наш транспорт должен иметь своё особое лицо и особую продуктивность в тех политических и социальных условиях, в которых живёт наша страна и что даже технические формы, которые доступны нам, отличаются от всего того, что возможно применить в буржуазном хозяйстве»* [1, с. 104].

Транспорту посвящено много научных трудов И. Г. Александрова, в их числе «Новый транспорт», «Электрификация и транспорт» (написана в соавторстве с Г. О. Графтио). В работах по экономическому районированию и реконструкции народного хозяйства СССР транспортные проблемы и их решение занимали одно из главных мест. Учёный хотел создать такую транспортную систему, которая должна была объединить всю территорию Советского Союза в единый хозяйственный объект.

В 30-х годах в СССР довольно активно развивались так называемые «теории предела», которые тормозили развитие транспорта в стране. Перед Транспортной комиссией стояла важнейшая задача – *«нанести сокрушительный удар по «предельщикам», искусственно задерживающим рост и развитие нашего транспорта, и в то же время оказать самую широкую поддержку движению новаторов,*

первые ростки которого возникали на различных дорогах уже в конце 1934 года. В Донбассе молодой машинист паровоза Пётр Кривонос вопреки сложившимся нормам и установкам, преодолевая пассивное сопротивление некоторых специалистов, уже добивался выдающихся производственных достижений». «Сейчас наши машинисты, – писал И. Г. Александров о Петре Кривоносе и его последователях, – доказывают инженерам... что sacramентальный прописной предел тягового усилия может быть также повышен и паровозы «Э» и «ФД» (от ред.: известные марки мощных советских паровозов) начинают показывать и большую скорость, и большее тяговое усилие, чем это считали инженеры-тяговики».

Руководство Транспортной комиссией – последнее место работы И. Г. Александрова. Как всегда, Иван Гаврилович боролся против косности и рутины, устаревших традиций, оставаясь поборником всего нового, прогрессивного. Он считал разработку проблем транспорта неотложной, жизненно важной государственной задачей.

Александров предложил использовать гидропотенциал Ангары и Енисея [14] и строительство Байкало-Амурской железнодорожной магистрали (БАМ), как основной транспортной дороги для связи центра СССР с Тихим океаном. Строительство БАМ началось в 1932 году, в 1951 году оно было приостановлено, а в 1974 году – возобновлено. С 1933 года он заведовал кафедрой использования



водной энергии в Московском высшем строительном институте Народного комиссариата тяжёлой промышленности СССР (ныне Московский государственный строительный университет). Работал профессором кафедры регулирования стока вод в Московской сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева (ныне Российский аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева) и в 1935 году был избран действительным членом ВАСХНИЛ (Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина). За многолетнюю работу в Госплане СССР в 1936 году его наградили орденом Трудового Красного Знамени. Он был автором проектов мостов через реки Нева, Волга, Москва, гидроэлектростанций, орошения земель и строительства железных дорог [6, С. 510–512].

Удивительно, что при такой загруженности, у Ивана Гавриловича оставались ещё время и энергия для педагогической работы, которую он вёл на протяжении более двух десятков лет.

2 мая 1936 года около 9 часов утра Иван Гаврилович скончался. 4 мая все центральные газеты напечатали обширные некрологи и многочисленные объявления различных организаций о смерти академика И. Г. Александрова. В некрологе, подписанном 49 академиками, говорилось: «*В лице Ивана Гавриловича Академия наук потеряла одного из своих активных членов, человека широкого размаха и смелой инициативы, всесторонне образованного, отдавшего все свои силы социалистической реконструкции страны*». Многие москвичи, не знавшие лично Александрова, пришли, чтобы проститься со знаменитым автором ДнепрГЭСа. Похоронили академика Александрова на Новодевичьем кладбище.

Иван Гаврилович не оставил ни дневников, ни записок о своей многолетней работе, о частых поездках в самые различные уголки СССР и за границу, о встречах с крупнейшими учёными, инженерами, производственниками. Большая часть писем, написанных им в разные годы, погибла во время войны. Научный профиль Александрова не укладывается в рамки узкой специальности. Такая картина складывается почти со всеми действительно крупными учёными. Его считают «своим» инженеры, физики,

экономисты, географы... Именно поэтому так сложно охарактеризовать его научный облик в краткой статье [14, 6, с. 510–512].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Файнбойм И. Б. Иван Гаврилович Александров. – М.: Госэнергиздат, 1955. – 136 с.
2. Кривошеин Г. Г. Мосты с художественной точки зрения. Отдельный оттиск из журнала «Зодчий». – СПб.: Тип. Санкт-Петербургского градоначальства, 1899. – 16 с. [Электронный ресурс]: <https://yadi.sk/i/6lMvYz5ckKuBX>. Доступ 24.10.2022.
3. Щусев П. В. Мосты и их архитектура. – М.: Гос. Изд. по строительству и архитектуре, 1953. – 294 с. [Электронный ресурс]: <http://science.totalarch.com/book/0283.rar>. Доступ 24.10.2022.
4. Артёмов А. А., Баринов А. А., Богдан А. Т. [и др.]. МИИТ на рубеже веков / МПС России. Моск. гос. ун-т путей сообщ. (МИИТ) / Под общ. ред. Б. А. Левина. – М.: МИИТ, 2002. – 639 с. ISBN 5-7876-0015-0.
5. Александров Иван Гаврилович // Большая Советская энциклопедия, 3-е изд. / Гл. ред. А. М. Прохоров. – Т. 1. – М.: Советская энциклопедия, 1969. – С. 413. [Электронный ресурс]: <https://slovar.cc/enc/bse/1971519.html>. Доступ 24.10.2022.
6. Александров Иван Гаврилович // Железнодорожный транспорт. Энциклопедия / Гл. ред. Н. С. Конарев. – М.: Научное издательство «Большая Российская энциклопедия», 1994. – 560 с. ISBN 5-85270-115-7. [Электронный ресурс]: https://www.studmed.ru/konarev-ns-red-zheleznodorozhnyy-transport-enciklopediya_37b637480a4.html. Доступ 24.10.2022.
7. Доклад VIII съезду Советов Государственной комиссии по электрификации России (план ГОЭЛРО). – М.: Госполитиздат, 1955. – 660 с. [Электронный ресурс]: https://omskmark.moy.su/publ/essayclub/noobibliya/2015_goelro_1920_1955/111-1-0-2622. Доступ 24.10.2022.
8. Александров И. Г. Экономическое районирование России / В кн.: Труды VIII Всероссийского электротехнического съезда в Москве 1–10 октября 1921 г. – Вып. 2 Электрификация районов. – М.: Государственная общеплановая комиссия, 1921. – С. 7–23. [Электронный ресурс]: <http://elib.shpl.ru/ru/nodes/35415>. Доступ 24.10.2022.
9. Александров И. Г. Днепровские пороги // Технико-экономический вестник. – 1921. – № 1. – С. 9–18.
10. Развитие электроэнергетического хозяйства СССР. Хронологический указатель. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 144 с.
11. Электрификация СССР. 1912–1967 / Под общ. ред. П. С. Непорожного. – М.: Энергия, 1967. – 542 с.
12. Электрификация СССР / Под общ. ред. П. С. Непорожного. – М.: Энергия, 1970. – 543 с.
13. Александров И. Г. Днепровское строительство и его экономическое значение. – Харьков: Гос. Издательство Украины, 1925. – 47 с. [Электронный ресурс]: <http://gpnbt.dlibrary.org/ru/nodes/1581-aleksandrov-i-g-dneprovskoe-stroitelstvo-i-ego-ekonomicheskoe-znachenie-harkov-1925>. Доступ 24.10.2022.
14. Малышев В. М. Проблема Ангары. – М.-Иркутск: Восточносибирское краевое издательство, 1935. – 121 с. [Электронный ресурс]: <https://npp-geotek.com/upload/iblock/0cc/0cc4f2407d58121829f01ed190e4dd91.pdf>. Доступ 24.10.2022.

Информация об авторе:

Григорьев Николай Дмитриевич – кандидат технических наук, Москва, Россия, 9165688074@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 02.10.2022, одобрена после рецензирования 28.11.2022, принята к публикации 05.12.2022.



Электрическая тяга: публикации 1912 года



Пресс-архив

В этом номере публикуется подборка из двух статей, впервые появившихся в журнале «Железнодорожное дело» № 9 в 1912 году.

Они демонстрируют тот интерес, который проявляли к электрифицированным железным дорогам более века назад, рассматривая технические (выбор системы электроснабжения, тягового тока) и экономические преимущества, по сравнению с паровой тягой.

Материал в чём-то перекликается с содержанием публикуемой в этом же номере журнала статьи, посвящённой развитию транспортной науки и хронологии промышленных революций.

При воспроизведении публикации максимально сохранены стиль, пунктуация и лексика того времени.

Заметка о сравнительной стоимости эксплуатации при электрической и паровой тяге

В последнее время всё чаще и чаще поднимается вопрос об электрификации железных дорог вообще и, в частности, участков железных дорог с наиболее трудными профилями. При решении этого вопроса главнейшую роль играет стоимость эксплуатации при паровой и электрической тяге. Таких опытов на нашей железнодорожной сети нет, а потому в этом отношении представляет некоторый интерес следующая статья *Wernecke*, из № 24 журнала «*Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen*» за 1910 г.

Железная дорога, соединяющая туннелем, под дном реки Мерси (Mersey), Ливерпуль с Беркенхедом, существует с 1886 года и обслуживалась паровой тягой; с 1903 года перестроена на электрическую тягу. Дорога недавно опубликовала сравнительные данные о стоимости эксплуатации при паровой и электрической тяге.

Поезда ежедневно находятся в движении в течение 19 часов, и только на 4 часа прекращается движение. Прежде, при паровой тяге, в известные утренние и вечерние часы, когда движение значительно возросло, как это бывает на всех пригородных и городских дорогах, приходилось увеличивать число поездов, при электрической же тяге для удовлетворения этого усиленного движения оказалось достаточным увеличивать лишь состав поездов; при этом прежние два, а иногда и три отдельных состава соединяются в один.

Благодаря этому, в период усиленного движения возможно стало оставаться при обычном числе поездов, что облегчает эксплуатацию. При паровой тяге нельзя было увеличивать состав поездов, так как паровозы не в состоянии были бы развить соответствующую тяговую силу; при электрической же тяге развитие требуемой для передвижения увеличенных составов тяговой силы затруд-

Для цитирования: Электрическая тяга: публикации 1912 года // Мир транспорта. 2022. Т. 20. No. 6 (103). С. 103–106. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-12>.

Благодарность: редакция выражает признательность сотрудникам библиотеки Российского университета транспорта за помощь в подготовке материала.

Полный текст архивной статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the archived article in English is published in the second part of the issue.

нения не представляет, так как увеличивается и число двигателей.

Из данных за последние три года усматривается, что для передвижения электрической тягой одной тонны груза на расстояние 8,12 км, со среднюю скоростью 35,8 км/ч, необходимо затратить 1 кг угля, стоящего 8,93 марки за тонну. При паровой же тяге, затративши 1 кг угля, и притом стоящего 16,32 марки за тонну, можно было развить силу, достаточную для перемещения одной тонны груза на расстояние 7,85 км, со среднюю скоростью 28,6 км/ч. При этом расходы по содержанию этой линии, отнесённые к т•км, понизились ныне с 0,11 до 0,5 пфеннига, т.е. на 0,06 пфеннига.

Прежде рельсы должны были сменяться после прохождения по ним 32 000 000 тонн груза, а теперь могут выдерживать прохождение до 47 500 000 тонн груза.

С применением электрической энергии значительно понизилась стоимость 1 т•км, а именно: эксплуатационные расходы по содержанию, действию и ремонту понизились с 1,25 до 0,80 пфеннига или на 0,45 пфеннига. Общие же эксплуатационные расходы, за исключением уплаты процентов на увеличивающуюся с переходом на электрическую тягу затрату, понизились с 1,82 до 1,27 пфеннига, т.е. на 0,55 пфеннига. Считая вместе с процентами на затраченный и увеличенный вследствие введения электрической тяги основной капитал, получаем понижение общих эксплуатационных расходов, которые, как указано выше, достигли снижения за т•км с 1,82 пфеннига на 0,27 пфеннига, так что общие расходы на поезд-километр понизились до 1,55 пфеннига. Особенное значение имеют две последние цифры, если их противопоставить друг другу, так как они указывают, что хотя с введением электрической тяги на существующей паровой железной дороге сильно увеличивается основной капитал и естественно увеличиваются при этом расходы по уплате процентов, но уменьшаются эксплуатационные расходы, и в итоге электрическая тяга выгоднее паровой. В пользу последней ещё говорит и то обстоятельство, что при этом удалось повысить среднюю скорость движения поездов с 25 до 32 км/ч. Прежде движение на этой дороге не отличалось большим оживлением, но с введением электрической тяги число совершённых перевозок поднялось с 69 до 108 млн т•км.

Быть может увеличение движения и имело влияние на уменьшение расходов, отнесённых на единицу груза.

Инженер В. А. Сокович
(«Железнодорожное Дело»
1912 год, С. 55–56).

Современное положение электрической тяги в больших государствах **Из «Journal des Transports» от 1911 г., № 12**

Решение Швейцарского правительства приступить к работам по электрификации всех линий швейцарских федеральных железных дорог, доклад Норвежской правительственной комиссии, рекомендующей изучение способа перехода большинства линий Норвежской сети на электрическую тягу, – всё это знаменует собою новый этап на пути распространения электрической тяги на большие железнодорожные линии.

Означенный прогресс электрификации больших Европейских государств шёл бы ещё быстрее, если бы не затруднение в выборе системы тока, и так как выжидательное положение некоторых стран не влечёт для них опоздания сравнительно с другими странами, пребывающими в таком же состоянии выжидания, то и крупные железнодорожные общества предпочитают ожидать более точных указаний, которые не преминут выясниться из новейших опытов, прежде чем вложить громадные капиталы, необходимые для перехода на электрическую тягу.

Хотя трёхфазная система дала наилучшие результаты в большинстве случаев её применения, в особенности в Швейцарии и Северной Италии, тем не менее в настоящее время отдают предпочтение однофазной системе и системе постоянного тока среднего или высокого напряжения смотря по обстоятельствам.

В течение последних лет происходят продолжительные и интересные споры между представителями вышеупомянутых трёх систем, причём партизанами однофазной системы являются по преимуществу инженеры, состоящие в деловых сношениях с крупными заинтересованными фирмами.

Принятие одной системы для всех случаев кажется невозможным; в каждом отдельном случае должно изучать местные условия. Так, введение третьего рельса в большинстве

пригородных дорог не доказывает ещё выгоды его применения для линий со слабым движением, как применение однофазного тока в Пруссии ещё не показывает его пригодности для пригородных линий. Объединение систем электрификации в Пруссии введено лишь по стратегическим соображениям.

Однако однофазный ток был применён на одной пригородной линии около Лондона и на одной около Нью-Йорка, тогда как постоянный ток высокого напряжения, передаваемый через троллей, установлен на многочисленных пригородных линиях в Америке и даже в Германии. В настоящее время последняя система распространяется быстрее всех прочих, в ущерб однофазной системе, которую она вытеснила на многих американских пригородных линиях. Новый Свет, по-видимому, покидают постепенно однофазные токи.

Усовершенствование в передаче постоянного тока посредством троллея доставили ему в конкуренции с однофазным током перевес на таких расстояниях, на каких не мог соперничать постоянный ток, передаваемый третьим рельсом. Надо думать, что если бы Прусское правительство принимало своё решение в настоящее время, оно предпочло бы постоянный ток с троллеем своему однофазному.

Но Прусское правительство имело тогда в виду общую картину всех электрических железнодорожных устройств, а не только пригородных линий с постоянными токами в Англии и Соединённых Штатах.

По установлению однородного типа материальной части для всех электрических железных дорог Германии главные немецкие конструкторы, естественно, предпочитают и своим, и заграничным заказчикам поставлять одни и те же предметы, нежели заготавливать новые для постоянных токов. Упорство, с которым они вели кампанию в пользу однофазного тока, не может удивить тех, кто знаком с энергичной деятельностью немецкой промышленности.

Усилиям немецких фирм к введению в Европейских и других странах их материальной электрической части несколько лет тому назад содействовал и Вестингауз энергичной пропагандой в пользу однофазной системы железнодорожной тяги.

Между тем не существует системы, одинаково применимой к всевозможным условиям. Электрическая тяга ещё не достигла такой

степени развития, чтобы можно было пожелать обобщения одной системы. В интересах развития самого дела надо только пожалеть, что Прусское правительство, по стратегическим или иным соображениям, сделало практически невозможным широкое применение какой-либо новой системы электрической тяги внутри Германской Империи.

Хотя влияние Германии сильно отразилось в главнейших государствах Европы, тем не менее опыт Соединённых Штатов, где вопрос о применении различных систем электрической тяги изучался наиболее, стремится изменить, если не совсем отвергнуть европейские начинания.

В Америке две системы – однофазная и постоянного тока – наиболее распространены различными конструкторами; сотни миль пути в течение многих лет эксплуатируются по той и другой системе. Значит здесь можно научиться более чем в Германии, где свобода электрификации закрыта. Системы электрических устройств в Америке весьма отличны от употребляемых в Европе, и, тем не менее, опыт их ещё недостаточен для решения вопроса об электрической тяге на больших линиях. Даже в самой Америке нельзя объединить системы, так как существуют различные случаи, в которых однофазная тяга применяется удобнее, чем система постоянного тока высокого или низкого напряжения. К счастью, американские инженеры охотно знакомят с результатами своих исследований и даже своих ошибок. Так, г-н Муррей, инженер общества железной дороги Нью-Гавен, собственник главной однофазной линии, и в то же время горячий сторонник однофазной системы, опубликовал результаты своих опытов и при этом сообщил о досаде, которую он испытал во время прений в Обществе Американских инженеров-электротехников.

Г-н Муррей сказал: «Я вам дам самое подробное разъяснение об условиях эксплуатации линии Нью-Йорк, Нью-Гавен [*Нью-Хейвен в современном написании*] и Гартфорд [*Хартфорд*]. В первом проекте речь шла о четырёх путях по 60 миль. Во втором проекте говорилось о продолжении до Бостона, в общем итоге, на 220 миль. Относительно однофазной системы я имею твёрдую уверенность в её применимости на больших линиях. Наоборот, я не думаю, чтобы она была пригодна для междугородных сообщений; исключение здесь может составить какая-нибудь



небольшая отдельная линия или линии, хотя и междугородные, но входящие в район обслуживания больших центральных линий. Но я полагаю, что однофазная система есть единственная, при которой директор железнодорожного общества может рассчитывать на экономию при переходе от паровой тяги к электрической».

Так как электрификация больших железнодорожных линий составляет предмет ещё отдалённого будущего, то в настоящее время этот вопрос мало касается Англии.

Введение более дорогой и менее выгодной системы для местных линий не имеет большого значения, если принять во внимание, что это не препятствует применению переменных токов на длинных линиях, хотя бы часть этих линий и обращалась в пригородные или проходила параллельно с последними, обслуживаемыми постоянными токами. Во всяком случае, на границе пригородной сети заменить электровоз постоянного тока электровозом переменного будет легче, нежели проделать то, что приходится делать теперь, когда электровоз заменяется паровозом, пока ещё главные артерии обслуживаются паровой тягой.

В то время как тяга постоянным током, передаваемым троллеем, почти повсюду применяется для местного движения, можно найти несколько длинных пробегов со слабым движением, обслуживаемых частью или даже на всём протяжении однофазным током. Такой тип представляет линия Индианаполис–Цинциннати, где на длине 104 миль работает ток в 3 300 вольт и 25 периодов. В междугородном участке этой линии достигнута скорость 50 миль в час, при весе вагонов 55 тонн, и работа приносит удовлетворительную выгоду, хотя электрификация обошлась не дешёво, как это вообще бывает при однофазных машинах, в особенности по причине высокой стоимости моторов. В других штатах можно найти подобные же примеры при пользовании токами как переменными в 25 периодов, так и постоянными от 800 до 1700 вольт. Линии в этом роде, даже с усиленным движением, составляют большинство выполненных проектов.

Местные сети в Чикаго, Нью-Йорке, Лондоне, Бостоне, Париже пользуются почти все постоянными токами. Однако существуют и исключения, например, линия из Нью-Гавена в Нью-Йорк. В Берлине, невзирая на

стратегические соображения, подземные линии питаются постоянным током. Следует заметить, что бывали случаи, когда однофазный способ эксплуатации заменялся другим, но никогда ничего подобного не было с постоянным током. Разительный пример представляет железная дорога из Вашингтона и Балтимора в Аннаполис, где получилась значительная экономия.

Значительное преимущество однофазной системы заключается в более дешёвом оборотовании линии при передаче энергии высокого напряжения: экономия получается достаточная, чтобы возместить и слабую отдачу переменного тока, и значительную стоимость ремонта и вообще оборудования однофазным током. Всё это обходится в настоящее время намного дороже, чем ремонт и оборудование постоянным током. Отсюда следует, что при усиленном движении постоянный ток выгоднее, а на длинной линии при слабом движении следует применять ток высокого напряжения.

В больших городах, с центральной электрической станцией для трамваев, постоянный ток предпочтительнее.

Обыкновенно генераторы устраиваются трёхфазные, высокого напряжения, даже если ток приходится трансформировать в постоянный, низкого напряжения. Трёхфазный ток можно брать в 25 или в 60 периодов, но теперь употребляют больше однофазный, в Европе в 15 периодов, а в Америке – в 25. Ток с таким малым числом периодов непригоден для электрического освещения, а для заводов и фабрик трёхфазный и постоянный токи предпочтительнее однофазного.

Таким образом, для центральной электрической станции, снабжающей токами всевозможных видов (а это и есть идеал экономной организации), наиболее выгод представляет трёхфазная система. Она может давать и непосредственно переменный ток, и трансформированный в постоянный, и служить для электрического освещения и даже для питания небольших однофазных двигателей. Отсюда ясно вытекает необходимость специальных проектов подробных смет для электрических устройств, сообразно местным условиям и назначению токов.

*(«Железнодорожное Дело»
1912 год, № 9, С. 83–84) ●*

Т



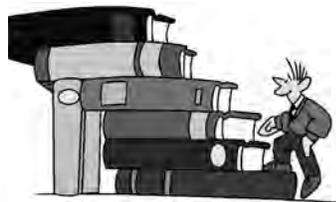
ИСТОРИЧЕСКАЯ БИБЛИОГРАФИЯ **108**

*Книги и учебники профессора
Н. П. Петрова.*

АВТОРЕФЕРАТЫ ДИССЕРТАЦИЙ **112**

- Повышение энергоэффективности тяговых электроприводов со статическими преобразователями электроэнергии и асинхронными тяговыми двигателями.
- Рельсовые стыки на особо грузонапряжённых линиях с применением упругих подшпальных прокладок.
- Совершенствование методики расчёта и выбора устройств компенсации реактивной мощности в системе тягового электроснабжения.
- Влияние неровностей продольного профиля на деформативность пути, безопасность движения и расход энергии на тягу поездов.

КНИЖНАЯ ЛОЦИЯ



НОВЫЕ КНИГИ О ТРАНСПОРТЕ **118**

*Недавно вышедшие и готовящиеся
к печати книги и учебники
российских и зарубежных
издательств.*

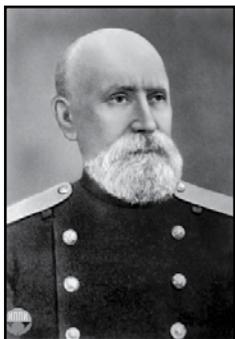


СОДЕРЖАНИЕ ВЫШЕДШИХ В 2022 ГОДУ НОМЕРОВ ТОМА 20 ЖУРНАЛА «МИР ТРАНСПОРТА» **119**





Библиография. Значительнейшие из трудов профессора Н. П. Петрова (1892 год)



Николай Павлович ПЕТРОВ

Николай Павлович Петров – известный учёный в области инженерно-технических наук, участвовал в разработке стратегии развития железных дорог в Российской Империи во второй половине XIX в. и подготовке кадров для железнодорожной отрасли. Известен и как теоретик, и как практик железнодорожного строительства, участвовал в строительстве Транссибирской магистрали, Владикавказской и Армавир-Туапсинской железных дорог.

АННОТАЦИЯ

В этом номере вместо рецензии на новые книги или учебники по транспорту, отдавая дань трудам наших предшественников, воспроизводится библиографическая статья, опубликованная более века тому назад в журнале «Железнодорожное дело». Она, как надеется редакция, позволит получить представление о том, как в то время со-

ставлялись лаконичные, содержательные и, выражаясь современным языком, информативные обзоры научной литературы, а также о круге рассматривавшихся научных проблем.

По традиции в публикации сохранены лексика, пунктуация и сокращения, принятые в начале XX века.

Ключевые слова: железные дороги, история науки и техники, научная литература.

Благодарность: редакция выражает признательность сотрудникам библиотеки Российского университета транспорта за помощь в подготовке материала.

Для цитирования: Библиография. Значительнейшие из трудов профессора Н. П. Петрова (1892 год) // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 6 (103). С. 108–111. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-13>.

Портрет Н. П. Петрова опубликован на сайте Российской академии наук: https://www.ras.ru/win/db/show_per.asp?P=id-51715.In-ru.

Полный текст редакционной архивной статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the archived editorial article in English is published in the second part of the issue.

Профессор Военно-Инженерной Академии и Технологического Института Н. П. Петров обогатил русскую техническую литературу многими капитальными сочинениями, представляющими самостоятельное исследование различных вопросов преимущественно из области тяги и подвижного состава на железных дорогах. Всех отдельных сочинений и брошюр Н. П. Петрова свыше двадцати. В настоящем обзоре предлагается краткое описание содержания некоторых из этих трудов¹.

I. Очертание зубцов круглых цилиндрических колёс дугами круга («Инженерный Журнал», 1870 и 1875 гг.)

Зубцы цилиндрических колёс, как известно, ограничиваются обыкновенно дугами эпициклоиды и гипоциклоиды. Вычерчивание этих кривых может быть исполнено только по точкам, и поэтому кривые, полученные таким путём, помимо требуемой кропотливости вычерчивания, не могут отличаться ни особенною правильностью, ни однообразием.

Таким образом, в виду важного значения зубчатых колёс в машинном деле, весьма естественно было появление многих других, более простых способов вычерчивания зубцов, где вышеупомянутые кривые заменены дугами круга без указания, однако величины происходящей при этом погрешности.

Проф. Петров в двух напечатанных в Инженерном журнале статьях: 1) показал, как определять в каждом данном случае величину погрешности от применения того или другого способа очертания; 2) вывел формулы, позволяющие определять аналитическим путём величины радиусов заменяющих дуг круга и положения их центров – при условии, что погрешность получает наименьшее значение, и 3) показал геометрическое построение зубцов, при соблюдении того же условия.

II. Трение в машинах (1883 г.)

Труд этот, удостоенный Императорской академией наук Ломоносовской премии, составляет как бы первую (теоретическую) часть одной общей

¹ Из остальных трудов того же автора обзор «Определение скорости поезда на железной дороге» и «Сравнения условий движения поезда по железной дороге одиночной и двойной тягой» помещён в «Железнодорожном Деле» 1890 г., стр. 362 и 363. Таким образом читатели «Железнодорожного Дела» имеют возможность ознакомиться почти со всеми главнейшими трудами проф. Н. П. Петрова, уважаемого русского учёного, пользующегося авторитетом и вне России. – *Ред.*

работы, исполненной автором в обширных размерах.

В этой работе проф. Петров представил ряд теоретических соображений о самой природе силы трения в случае вращения осей при обильной смазке, – указал, что в данном случае существенное значение имеет внутреннее трение жидкой смазки, а также толщина и температура этого жидкого слоя, разобщающего трущиеся поверхности, – построил на этом основании самостоятельную гидродинамическую теорию, – вывел формулу, позволяющую в каждом данном случае определить сопротивление, вызываемое трением (при вращающихся осях), если только известны коэффициенты трения для данных смазывающих жидкостей, – определил путём длинного ряда опытов значения этих коэффициентов и, наконец, подтвердил справедливость предложенной им формулы сравнением в машинах величин трения, получаемых, с одной стороны путём, непосредственного измерения, а с другой стороны – по формуле, по вставке в неё соответственных коэффициентов трения.

III. Описание и результаты опытов над трением жидкостей и машин (1886 г.)

Труд этот, составляющий естественное продолжение предыдущего труда «Трение в машинах», удостоен в 1889 г. Императорской академией наук премии митрополита Макария.

Формулы, выведенные в первом сочинении на основании предложенной автором гидродинамической теории трения в машинах, и вытекающие из них положения – подтвердились в достаточной степени опытами Гирна. Но, не довольствуясь этим и желая, кроме того, найти соответственные численные данные для минеральных масел, профессор Петров предпринял обширный ряд опытов, имевших преимущественно целью:

1) определить для наиболее употребительных органических и минеральных масел – численное значение коэффициента внутреннего, а отчасти и внешнего трения;

2) определить путём опыта величину силы трения, развивающегося в машинах, и притом при самых разнообразных условиях, и проверить таким образом справедливость предложенной им формулы для выражения силы трения;

3) указать приёмы для распознавания смазывающих способностей различных масел.

IV. Трение в машинах и влияние на него смазывающей жидкости (1887 г.)

Сочинение это обнимает главнейшие результаты двух предыдущих трудов проф. Петрова



с указанием практических результатов, вытекающих из опытов и гидродинамической теории автора, с применением таковых к железным дорогам и бумагопрядильням. В виде особого приложения помещены вывод формул, выражающих силу трения цапфы и пяты, описание способов и приборов для определения трения жидкостей и описание способов и приборов для испытания трения в машинах.

В заключение приводится целый ряд примеров определения выгоды употребления того или другого рода смазки, при помощи составленных автором очертаний характеристических кривых и, с определением суммы расходов на топливо и на смазку, потребных на преодоление трения. Примеры эти наглядно указывают, что, в зависимости от стоимости топлива и смазки, иногда выгодно употреблять дешёвую смазку со значительным коэффициентом трения, а иногда выгода остаётся на стороне дорогой смазки с незначительным коэффициентом трения. Предложенный автором графический приём до чрезвычайности прост и всегда может быть применён, коль скоро имеются характеристические кривые различных масел. Поэтому весьма желательно осуществление предложения автора, чтобы определение внутреннего трения при различных температурах, нужное для очертания кривой внутреннего трения (характеристическая кривая), было поставлено в ряду других наблюдений, производимых как заводчиками, так и приёмщиками масла.

По поводу вышеуказанного сочинения появилось в 1888 г. в Милане особое издание инженера Pietro Verole, под названием «*Ricerche teoriche o sperimentali di Petroff sugli olii lubrificanti*», в котором *in extenso* изложены главные результаты теоретических и опытных исследований проф. Петрова.

Сущность только что рассмотренного труда была издана автором, в сжатом виде, в 1889 году под заглавием «*Resultats les plus marquants de l'étude théorique et expérimentale sur le frottement mediât*».

V. Сопротивление поезда на железной дороге (1889 г.)

Названное сочинение, составляющее отдел курса, читанного автором в СПб. Технологическом институте, напечатано, как указывает автор в своём предисловии, с двойкой целью: 1) содействовать разъяснению весьма сложного и весьма важного для эксплуатации ж.д. вопроса

о сопротивлении поезда, и 2) познакомить молодых техников с приёмами критической оценки данных, полученных из опытов.

Автор последовательно разбирает вопросы о сопротивлении отдельного вагона движению, затем поезда из вагонов и, наконец, паровоза и приходит, таким образом, к общему выражению сопротивления поезда, с паровозом во главе. По отношению каждого из упомянутых сопротивлений излагаются предварительно теоретические соображения, указывающие на вид формулы, которой должно выражаться данное сопротивление; затем приводится описание и результаты опытов на заграничных дорогах, имевших целью опытным путём определить величину этих сопротивлений и указываются предложения различными следователями соответственные эмпирические формулы; после критического разбора этих опытов и доказательства неполноты их, а также неудовлетворительности разных эмпирических формул, автор обращается к виду формулы, найденной им теоретическим путём, и определяет численные значения коэффициентов, пользуясь результатами наиболее удовлетворительных опытов.

Сделав краткий очерк устройства полотна и верхнего строения железнодорожного пути, а также подвижного состава, автор подробно разбирает элементы сопротивления поезда, к числу коих относятся: сопротивление воздуха, трение твёрдых смазанных и несмазанных тел, сопротивление от неровности рельсов и шин, сопротивление колёс перекачиванию, сопротивление от инерции при изменении скорости и наконец сопротивление на уклонах.

VI. Перегрузка и хранение хлебного зерна. Перегрузка каменного угля (1882 г.)

Этот труд, составленный преимущественно на основании собственных наблюдений автора за границей, обнимает собою систематическое описание всех наиболее употребительных способов перегрузки зерна и каменного угля, начиная от перегрузки при помощи людей и наиболее простых орудий, как мешки и корзины, и кончая паровыми и гидравлическими кранами и элеваторами, зерноподъёмами.

Описание сопровождается необходимыми объяснительными чертежами, примерными расчётами и значительным количеством деталей и данных, относительно размеров наиболее известных приспособлений, стоимости их, а также стоимости производимой ими работы. Кроме того, подробно разобрано, в каких случаях одно приспособление имеет преимущество

перед другим, причём обращено внимание, что не всегда механические приспособления, хотя и весьма остроумно придуманные, могут конкурировать в отношении стоимости работы с обыкновенной работой людьми.

Вторая половина труда заключает в себе описание устройства различных типов магазинов для хранения зерна – до магазинов-элеваторов включительно. Эта часть сочинения, написанная по тому же плану, как и первая, составляла у нас в своё время единственное подробное описание элеваторов-зерноподъёмов и элеваторов-магазинов, если не считать брошюры Звягинцева, вышедшей в 1878 г.

VII. О непрерывных тормозных системах (1878 г.)

Цель этого труда, как поясняет автор, состояла в том, чтобы привести способы полного и правильного толкования опытов над тормозными системами, так как единственный приём для оценки сравнительного достоинства той или другой системы тормозов состоит в продолжительных наблюдениях над действием тормозов, т.е. главным образом в определениях длины пути, проходимого поездом с момента, когда подан сигнал тормозить, до момента полной остановки поезда.

В заключение проф. Петров приходит к следующим интересным выводам:

1) Совершенная тормозная система должна действовать переменным давлением колодок на колёса, в зависимости от скорости движения поезда. В настоящее время нет ни одной системы, удовлетворяющей этому условию.

2) Тормозная система с постоянным давлением, не заставляющим ещё колесо скользить, останавливает поезд тем быстрее, чем больше это давление; протяжение, необходимое для остановки поезда, более чем в предыдущем случае от 1,5 до 2 раз.

3) Тормозная система, где постоянное давление на столько велико, что вызывает уже скольжение, оказывается наиболее удовлетворительным при некотором определённом давлении на колодки и всякое уменьшение или увеличение этого давления требует для остановки уже большего пути.

В этом случае длина пути для полной остановки поезда более приближается к идеальному случаю, чем при предыдущем условии.

Необходимо упомянуть, что предложенные автором формулы и вытекающие из них следствия получили полное подтверждение в опытах Гальтона, описанных в Engineering за 1878 г.

4) Весьма существенно, чтобы необходимая для торможения сила развивалась моментально, всякое постепенное уменьшение этого давления может быть только полезно, возрастание же вредно.

Применяя свои соображения и формулы к сравнению результатов опытов, произведённых за границей и у нас (на СПб.-Варш. ж.д.) с различными системами тормозов, и сравнив их с результатами, которые были бы достигнуты при идеальном тормозе, автор приходит к заключению:

а) что различие в результатах применения разных систем тормозов происходит не столько от системы тормозов, сколько оттого, что производимое ими давление на колёса не одинаково;

б) что коэффициент полезного действия во всех системах не более $\frac{1}{2}$;

в) что едва ли можно ожидать дальнейшего увеличения быстроты остановки поезда, если только сохранить требование, чтобы во всё время торможения колёса не скользили по рельсам.

VIII. Определение скорости поезда на железной дороге при возможном увеличении вероятности безопасного движения (1890 г.)

В этой брошюре, появление которой вызвано несчастным случаем 17 октября 1888 г., автор обращает внимание на то, что помимо состояния пути, особенностей паровоза, привычек машиниста и пр. – одной из причин несчастных случаев может быть несоответствие скорости движения поезда с данным профилем и составом поезда.

В виду сего проф. Петров даёт формулы, позволяющие:

1) определить для данного состава поезда предельную безопасную скорость, если только известна предельная безопасная скорость, с которой передвигаются по линии поезда какого-либо другого определённого состава;

2) определить для данного профиля и состава поезда предельную скорость, при которой остановка поезда при помощи тормозов могла бы быть достигнута на протяжении не более того, при котором она достигается при движении с наибольшею дозволенною скоростью на горизонтальном пути, при условии, чтобы при торможении не было ещё скольжения, способного вызвать образование на колёсах плоских мест, имеющих последствием удары колёс об рельсы.

*(«Железнодорожное Дело»,
1892, № 47–48, С. 118–129) ●*



АВТОРЕФЕРАТЫ ДИССЕРТАЦИЙ

*Selected abstracts of Ph.D. theses submitted
at Russian transport universities*

*Текст на английском языке, публикуется
во второй части данного выпуска.*

*The text in English is published in the second
part of the issue.*

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-14>

Глызин И. И. Повышение энергоэффективности тяговых электроприводов со статическими преобразователями электроэнергии и асинхронными тяговыми двигателями / Автореф. дис... канд. техн наук. – М.: РУТ, 2022. – 18 с.

Российские железные дороги являются второй по величине транспортной системой мира. Протяжённость электрифицированных железных дорог в России составляет более 43 тыс. км. «Программой электрификации участков железных дорог сети ОАО «РЖД» на период до 2050 г.» предусмотрена электрификация участков железных дорог переменным током, а также перевод с постоянного на переменный ток нескольких участков железных дорог, что обуславливает востребованность электрического подвижного состава (ЭПС) переменного тока на сети железных дорог.

Одним из приоритетных направлений развития ЭПС является повышение энергетической эффективности и, как следствие, уменьшение стоимости жизненного цикла ЭПС.

На ЭПС переменного тока преобразование электрической энергии, поступающей из контактной сети к тяговым двигателям, осуществляется преобразовательной системой, состоящей из тягового трансформатора и вентильного преобразователя. Преобразовательная система серийно выпускаемых электропоездов переменного тока состоит из тягового трансформатора и выпрямительно-инверторного преобразователя (ВИП).

Тяговый электропривод современного электропоезда переменного тока состоит из преобразовательной системы, в состав которой входят тяговый трансформатор, полупро-

водниковый преобразователь электроэнергии и асинхронные тяговые двигатели. При этом наиболее важной задачей является создание способов и алгоритмов управления, обеспечивающих требуемые тягово-энергетические показатели и электромагнитную совместимость электропоезда с инфраструктурой в условиях изменяющихся параметров системы тягового электроснабжения.

Целью работы являлось повышение энергетической эффективности электропоездов переменного тока со статическими тяговыми преобразователями, оснащёнными усовершенствованной системой управления.

Для достижения поставленной цели в работе решался ряд задач:

- выполнен анализ существующих систем управления входными преобразователями электроподвижного состава переменного тока и структуры электрической части тягового электропривода с асинхронными тяговыми двигателями;
- разработан способ компенсации реактивной мощности при реализации опережающего фазового сдвига входного тока относительно напряжения на токоприёмнике электропоезда с четырёхквadrантным преобразователем;
- разработана комплексная компьютерная модель системы для работы на одной фидерной зоне двух электропоездов переменного тока с различными преобразовательными системами;
- выбран эффективный метод управления четырёхквadrантным преобразователем в режиме компенсации реактивной мощности.

Элементы научной новизны включали:

- адаптированную к изменяющимся параметрам тяговой сети систему автоматизированного управления тяговым преобразователем;
- комплексную математическую модель системы «тяговая сеть–электропоезд переменного тока с четырёхквadrантным (4q-S) преобразователем»;
- технические требования к электропоездам переменного тока новых поколений.

Для решения задач использованы следующие методы исследования: численные и аналитические методы решения дифференциальных уравнений; методы анализа и расчёта полупроводниковых преобразователей электрической энергии; методы математического моделирования сложных электротехнических систем; методы экспериментального опреде-

ления параметров и характеристик электро-технических комплексов.

Степень достоверности и апробация полученных результатов диссертационной работы обоснована теоретически и подтверждается удовлетворительным совпадением полученных в работе результатов с данными экспериментальных исследований, полученных при испытаниях грузовых электровозов на экспериментальном кольце ИЦ «ВНИИЖТ» (г. Щербинка), а также с результатами других исследователей, работающих в этом направлении

В результате проведённого диссертационного исследования на основании анализа электромагнитных процессов в системе «тяговая сеть – электровоз» предложен алгоритм управления четырёхквadrантным преобразователем электровоза, работающего в режиме тяги.

Установлено, что при нахождении на одной фидерной зоне работающего в тяговом режиме электровоза с выпрямительно-инверторным преобразователем и электровоза с четырёхквadrантным преобразователем возможно реализовать поддержание на требуемом уровне напряжения на фидерной зоне за счёт перевода электровоза с четырёхквadrантным преобразователем в режим генерирования реактивной энергии в контактную сеть. Для этого предложена разработанная в диссертации адаптированная к изменяющимся параметрам тяговой сети система автоматизированного управления четырёхквadrантным преобразователем.

При анализе отечественных и зарубежных источников информации по вопросам взаимодействия электроподвижного состава переменного тока и тяговой сети сформулированы задачи и предложены концепции повышения энергетической эффективности электротехнической системы «тяговая сеть – электровоз».

Перспективы дальнейшего развития темы могут включать исследования вопросов:

- возможности совершенствования предложенных алгоритмов управления четырёхквadrантным преобразователем по сигналам от датчиков напряжения контактной сети, установленных на эксплуатируемых электровозах переменного тока;
- чувствительности системы управления четырёхквadrантного преобразователя к броскам сетевого тока и напряжения в кон-

тактной сети при аварийных режимах работы системы тягового электроснабжения;

- возможности совершенствования системы в части автоматического управления четырёхквadrантными преобразователями нескольких электровозов при их параллельной работе на одной фидерной зоне.

05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Работа выполнена и защищена в Российском университете транспорта.

Каплин В. Н. Текущее содержание пути в зоне рельсовых стыков на особо грузонапряжённых линиях с применением упругих подшпальных прокладок / Автореф. дис... канд. техн. наук. – М.: РУТ (МИИТ), 2022. – 24 с.

Теоретически и экспериментально обоснована целесообразность выправки пути в зоне рельсовых стыков укладкой упругих подшпальных прокладок на слежавшуюся постель железобетонных шпал. Эффективность данного технического решения подтверждена эксплуатационными наблюдениями за период пропуска по опытному участку более 800 млн тонн.

Применение упругих подшпальных прокладок в стыках уравнительных пролётов бесстыкового пути позволяет повысить скорость пропуска поездов при возникновении сверхнормативного увеличения зазора в зимнее время в течение суток и в целом увеличить пропускную способность на особогрузонапряжённых линиях.

Целью диссертационной работы являлось определение эффективности применения различных видов подшпальных прокладок, укладываемых под подошву шпал при выправке просядок в стыковой зоне в рамках текущего содержания, на основании анализа результатов измерений накопленных деформаций пути с учётом характеристик трудозатрат и показателей стабильности пути.

Задачи исследования включали:

- теоретические и экспериментальные исследования для решения проблем эксплуатации стыков пути на железобетонных шпалах;
- технические решения по повышению стабильности пути в зоне стыков.

Объектом исследования являлся железнодорожный путь в зоне рельсовых стыков.



Предметом исследования являлось применение подшпальных прокладок в процессе обслуживания железнодорожного пути в стыковой зоне для повышения его стабильности.

В результате проведённых исследований предложены решения по снижению деформаций в стыковой зоне пути на железобетонных шпалах за счёт укладки упругих прокладок под подошву шпал при выправке просядок до 14 мм при текущем содержании пути.

Обоснована возможность применения упругих подшпальных прокладок в стыках на железобетонных шпалах для повышения скорости пропуска поездов по зазору в стыке до 32 мм с 25 км/ч до 40 км/ч.

Разработан график распределения работ при выправке просядок в стыках на железобетонных шпалах с укладкой упругих прокладок.

Подтверждена возможность применения упругих подшпальных прокладок для устройства переходных по жёсткости участков от безбалластного пути к типовой конструкции.

Доказаны возможности: применения упругих подшпальных прокладок для выправки просядок в стыках на железобетонных шпалах на особогрузонапряжённых линиях; пропуска более 800 млн тонн без дополнительной выправки после укладки упругих подшпальных прокладок для устранения просядок глубиной до 14 мм; стабильность геометрических и жёсткостных характеристик упругих подшпальных прокладок после пропуска тоннажа 800 млн тонн и более.

Обоснован выбор жёсткостных характеристик упругих подшпальных прокладок с точки зрения накопления остаточных деформаций – 40,29 кН/мм.

Теоретические и экспериментальные исследования показали, что при использовании упругих прокладок в стыковой зоне вертикальные силы, возникающие при взаимодействии пути и подвижного состава по сравнению с типовой конструкцией пути, снижаются в 1,3 раза, а ускорения на принимающих шпалах стыка – в 2,9 раза по средним значениям и в 2,65 раза по максимальным значениям.

Применение упругих подшпальных прокладок позволяет повысить скорость пропуска поездов по стыку с зазором до 32 мм с 25 км/час до 40 км/час.

Перспективой исследований приведённых в диссертационной работе является оценка

возможности дальнейшего повышения скорости пропуска поездов в зависимости от конструкции стыка и определение рациональных сфер применения разработанной конструкции стыка в разных условиях эксплуатации.

2.9.2. Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог.

Работа выполнена и защищена в Российскойском университете транспорта.

Соколов Д. А. Совершенствование методики расчёта и выбора устройств компенсации реактивной мощности в системе тягового электроснабжения / Автореф. дис... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2022. – 16 с.

В связи с нарастающей необходимостью более широкого применения энергосберегающих технологий, а также с ростом тарифов на электроэнергию, проблема повышения энергетической эффективности на железнодорожном транспорте в течение последних лет встаёт всё более остро. Энергетическая стратегия ОАО «РЖД» содержит, в том числе, и вопросы энергосбережения в системе тягового электроснабжения.

Одним из способов повышения энергоэффективности в тяговом электроснабжении является ёмкостная компенсация реактивной мощности.

В настоящей работе рассматриваются компенсирующие устройства, устанавливаемые в тяговой сети переменного тока. Эти устройства довольно широко распространены на полигоне железных дорог нашей страны.

В системах тягового электроснабжения железных дорог переменного тока установлено довольно большое количество нерегулируемых устройств поперечной ёмкостной компенсации. При этом существующая методика выбора их мощности основывается, в первую очередь, на необходимости повышения уровня напряжения и обеспечения требуемой пропускной способности.

Работа была направлена на совершенствование существующей методики выбора компенсирующих устройств и предполагает учёт потерь мощности в тяговой сети непосредственно при выборе мощности компенсирующих устройств, основываясь на ана-

лизе графика движения поездов, наряду с поддержанием необходимого уровня напряжения на токоприёмнике подвижного состава.

Объектом исследования являлись устройства поперечной ёмкостной компенсации, устанавливаемые в системе тягового электроснабжения переменного тока.

Предметом исследования являлась методика выбора и расчёта устройств поперечной ёмкостной компенсации реактивной мощности.

Целью исследования являлось совершенствование методики выбора типа и мощности устройств поперечной ёмкостной компенсации.

В исследовании проведён анализ влияния мест размещения и параметров компенсирующих устройств на уровень потерь мощности в тяговой сети.

Рассмотрены методы расчёта параметров системы тягового электроснабжения с использованием теории вероятностей и математической статистики.

Разработана усовершенствованная методика выбора и расчёта устройств поперечной компенсации реактивной мощности, предполагающая статистическую обработку графика движения поездов и учёт потерь мощности в тяговой сети.

Создан программный комплекс для расчёта системы тягового электроснабжения переменного тока, учитывающий сопротивление энергосистемы, контактная сеть в котором представлена в виде линии с распределёнными параметрами.

Выполнена верификация предложенной программы путём сравнения результатов с расчётами в комплексе КОРТЭС, физическим моделированием и данными автоматизированной информационно-измерительной системы АИИСКУЭ, испытаниями на физической модели конкретного участка железной дороги.

В разработанном комплексе на основе проведённого вероятностного анализа графика движения поездов произведены расчёты параметров системы тягового электроснабжения при установке на посту секционирования компенсирующих устройств различных типов и мощности.

По утверждённым в ОАО «РЖД» методикам выбора и расчёта компенсирующих устройств в системах тягового электроснаб-

жения определена расчётная мощность устанавливаемого на посту секционирования компенсирующего устройства – 13,37 Мвар. При этом суммарная среднесуточная реактивная мощность, расходуемая на тягу поездов на рассматриваемой межподстанционной зоне, составляет 6,4 Мвар, в связи с чем мощность компенсирующего устройства должна быть выбрана по последнему значению. Однако для рассматриваемой системы максимально возможная мощность компенсирующего устройства по условию ограничения уровня напряжения до 29 кВ составляет лишь 2,3 Мвар, значение которой и выбрано для моделирования.

Несмотря на то, что по условию максимального допустимого напряжения выбранная мощность нерегулируемого компенсирующего устройства оказалась в 5,9 раза меньше требуемой для повышения минимального трёхминутного напряжения, процесс моделирования показал рост указанной величины с 18,53 до 20,6 кВ, что лишь на 2 % ниже допустимого. При этом потери мощности в тяговой сети практически не изменились.

Также рассмотрен случай установки двухступенчатого компенсирующего устройства, мощность первой ступени которого вдвое меньше, чем статистически наиболее вероятная мощность, потребляемая нагрузкой. Мощность дополнительной ступени, используемой в случае недопустимого снижения напряжения, подобрана по условию повышения минимального мгновенного уровня напряжения до 21 кВ. В данном случае потери мощности в тяговой сети уменьшаются на 26 %.

В случае применения трёхступенчатого устройства мощность ступеней которого выбрана вдвое меньшей средней реактивной мощности, потребляемой одним, двумя и тремя поездами соответственно, уровень напряжения в контактной сети не опускается ниже 22,6 кВ, а потери мощности в тяговой сети снижаются на 28 %.

Опыт эксплуатации компенсирующих устройств с плавным регулированием показывает, что их применение при условии поддержания напряжения на уровне 25 кВ позволяет снизить потери мощности вдвое.

Оценка уровня потерь электроэнергии в тяговой сети при применении различных типов компенсирующих устройств в соотно-



шении с их стоимостью показала, что наиболее выгодным с точки зрения снижения потерь является двухступенчатое компенсирующее устройство. При этом все они обеспечивают требуемый уровень напряжения на токоприёмнике электровоза на рассмотренном участке. Относительная стоимость компенсирующих устройств приведена в сравнении с самым дорогим из них – с плавным регулированием.

При условии соблюдения требований к минимальному допустимому уровню напряжения в контактной сети, в зависимости от графика движения и потребляемой реактивной мощности целесообразно выбирать одно- и многоступенчатые компенсирующие устройства для минимизации потерь электроэнергии. Учитывая современный уровень развития устройств автоматизации и коммутационного оборудования, установка нерегулируемых неотключаемых компенсирующих устройств не рекомендуется. Применение компенсирующих устройств с плавным регулированием должно быть обусловлено необходимостью значительного повышения пропускной способности на рассматриваемом участке.

В диссертационной работе показано, что потери мощности в тяговой сети при установке компенсирующих устройств, мощность которых выбрана по реактивной мощности, потребляемой поездами, не изменяются. Наибольший эффект от установки компенсирующих устройств с точки зрения снижения потерь в тяговой сети достигается при мощности компенсирующего устройства, составляющей 50 % от реактивной мощности, потребляемой электроподвижным составом.

Сформулирована усовершенствованная методика выбора и расчёта устройств поперечной компенсации реактивной мощности, подразумевающая выбор типа и мощности компенсирующих устройств на основе статистической обработки графика движения поездов с учётом потерь электроэнергии.

Разработан программный комплекс для расчёта параметров системы тягового электропитания переменного тока в MATLAB-Simulink. Его достоверность подтверждена низкой (не более 12 %) погрешностью при сравнении результатов расчётов с данными системы АИИСКУЭ, расчётами в комплексе КОРТЭС и испытаниями на физической модели конкретного участка железной дороги,

а также тремя свидетельствами о регистрации программы для ЭВМ.

Доказана эффективность предложенной методики расчёта и выбора компенсирующих устройств при её апробации на модели конкретного участка железной дороги. Все рассмотренные устройства обеспечивают требуемый уровень напряжения в контактной сети, однако выбор их типа и мощности на основе статистической обработки графика движения поездов позволяет при этом снизить потери мощности в тяговой сети на 26 %.

05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Работа выполнена и защищена в Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I.

Шапетько К. В. Влияние неровностей продольного профиля на деформативность пути, безопасность движения и расход энергии на тягу поездов/ Автореф. дис... канд. техн. наук. – М.: РУТ (МИИТ), 2022. – 24 с.

В современных условиях эксплуатации железных дорог под воздействием поездов повышенной массы и длины, состоящих в том числе из вагонов с повышенными осевыми нагрузками, деформации пути в продольном профиле происходят не только в элементах верхнего строения пути, но и за счёт неравномерных осадков земляного полотна, что способствует появлению длинных неровностей.

Исследования отечественных и зарубежных специалистов позволили определить влияние повышения осевых нагрузок на накопление расстройств пути. Однако процесс определения деформативности железнодорожного пути по параметрам неровностей в профиле изучен не в полном объёме из-за отсутствия инструментов и нормативов для определения их в реальном времени.

Актуальность работы является следствием необходимости развития исследований по определению параметров неровностей продольного профиля и последующего мониторинга состояния пути по изменению характеристик этих неровностей на участках тяжеловесного движения, в том числе на участках обращения вагонов с повышенными осевыми нагрузками, а также влияния этих неровностей на безопасность движения и расход энергии на тягу поездов.

Изученный автором опыт позволил реализовать способ получения параметров длинных неровностей для мониторинга железнодорожного пути по данным измерительных систем путеизмерителей с целью определения параметров длинных неровностей и деформативности пути, а также проведения расчётов и экспериментов по оценке влияния неровностей на безопасность движения и расход электроэнергии на тягу поездов.

Целью исследования являлось определение и мониторинг параметров длинных неровностей продольного профиля, наличие которых в пути оказывает существенное влияние на деформативность пути, безопасность движения и расход электроэнергии на тягу поездов.

Задачи исследования включали:

- разработку предложений по оценке деформативности пути на основе данных об изменении параметров длинных неровностей в продольном профиле;
- оценку влияния длинных неровностей на безопасность движения;
- оценку влияния длинных неровностей продольного профиля на расход энергии на тягу поездов.

Объектом исследования являлись участки железнодорожного пути с длинными неровностями продольного профиля, изменение параметров которых, может указывать на возможные (вероятные) места деформаций земляного полотна.

Предметом исследования являлись натурные неровности продольного профиля пути, полученные геодезическими методами от внешних по отношению к пути реперных систем, или аналогичные показатели, получаемые при числовой обработке данных с измерительных систем путеизмерителя. Это позволяло определять изменения параметров неровностей во времени с учётом пропущенного тоннажа, их влияние на расстройство пути вызванных деформативностью основания, безопасность движения и расход электроэнергии. Под «натурными» понимаются неровности, описывающие реальное положение пути в профиле в независимой системе координат и изменяющиеся при увеличении пропущенного тоннажа.

Результаты, полученные в ходе реализации, апробирования и верификации в исследовательских целях способа определения параметров неровностей продольного профиля, позволили доказать, что величины длин-

ных неровностей могут являться элементами оценки деформативности пути.

Предложены и внедрены показатели оценки деформативности пути в продольном профиле.

Полученные данные позволяют анализировать влияние длинных неровностей, вызванных деформативностью пути, на безопасность движения при сходах подвижного состава и дополнительный расход электроэнергии на тягу поездов.

Введено новое определение «длинная неровность» как отклонение положения пути равномерного уклона в продольном профиле, получаемое геодезическими методами от внешних реперов по отношению к пути или методом преобразования, представленным в работе.

Предложены показатели оценки деформативности пути на основе данных изменения параметров длинных неровностей в продольном профиле, включённые в актуализированную методику оценки воздействия подвижного состава на путь по условиям обеспечения надёжности, утверждённую распоряжением ОАО «РЖД» № 2706/р от 22.12.2017 г.

Разработана методика и расчётная модель мониторинга состояния пути по параметрам длинных неровностей продольного профиля, включённые в методику дополнительного мониторинга состояния пути по параметрам длинных неровностей продольного профиля, базирующуюся на соотношении длины, амплитуды и площадей неровностей, утверждённую распоряжением ОАО «РЖД» № 2191/р от 03.10.2019 г.

Изложены основные положения методики определения параметров длинных неровностей для их мониторинга в процессе эксплуатации.

Представлены систематизированные результаты мониторинга длинных неровностей в различных регионах сети.

Раскрыты зависимости изменения параметров длинных неровностей от пропущенного тоннажа.

Доказано влияние длинных неровностей продольного профиля на безопасность движения поездов.

Создана система практических рекомендаций в части мониторинга параметров состояния пути по данным, содержащим изменения характеристик длинных неровностей продольного профиля.



Определён экономический эффект от устранения длинных неровностей продольного профиля, оказывающих влияние на расход электроэнергии на тягу поездов, составляющий 157 тыс. рублей на 100 км пути с длинными неровностями при грузонапряжённости 100 млн т брутто в сутки.

Перспективой дальнейшей разработки темы является оценка связи параметров длинных неровностей с показателями динамики подвижного состава в широком диапазоне скоростей движения и очертаний профиля длинных неровностей с разработкой рекомен-

даций по использованию полученных результатов при подготовке распоряжения ОАО «РЖД» о допустимых скоростях движения поездов по пути при наличии длинных неровностей.

2.9.2. Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог.

Работа выполнена в Акционерном обществе «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), защищена в Российском университете транспорта.

НОВЫЕ КНИГИ О ТРАНСПОРТЕ

Список на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.

The list of titles in English is published in the second part of the issue.

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-15>

Вакуленко С. П., Куликова Е. Б., Левшукова М. Ю. Особенности обслуживания маломобильных пассажиров на железнодорожном транспорте: Учебное пособие. – М.: РУТ (МИИТ), 2018. – 79 с. ISBN 978-5-902928-80-05.

Воронов А. А., Деленян Б. А., Загнитко С. Н., Смирнова Е. В. Логистика: Учебное пособие. – М.: Спутник+, 2022. – 238 с. ISBN 978-5-9973-6275-1.

Ершиков Н. В., Деняк О. А., Черепанов И. В. Логистика: словарь основных терминов. – Барнаул: Новый формат, 2022. – 95 с. ISBN 978-5-00202-097-3.

Жданов А. Г., Свечников А. А., Кожевников В. А. Основы триботехники наземных транспортно-технологических средств: Учебное пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2022. – 160 с. ISBN 978-5-907479-08-1.

Зачёсов А. В., Бунташова С. В. Транспортная логистика и организация перевозок: Учебное пособие. – Новосибирск: СГУВТ, 2022. – 196 с. ISBN 978-5-8119-0925-4.

Капырина В. И., Неклюдов А. Н., Маньков В. А., Трошко И. В. Машины и роботы для погрузочно-разгрузочных работ: Учебник. – М.: УМЦ ЖДТ, 2022. – 312 с. ISBN 978-5-907479-09-8.

Логистика: форсайт-исследования, профессия, практика: Материалы III Национальной научно-образовательной конференции. Санкт-Петербург, 28 октября 2022 г. В 2 частях. Часть 1 / Ред. кол.: В. В. Щербаков (отв. ред.) [и др.]. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2022. – 413 с. ISBN 978-5-7310-5863-6 (часть 1), ISBN 978-5-7310-5865-0.

Транспорт и логистика устойчивого развития территорий, бизнеса, государства (драйверы роста, тренды и барьеры): Материалы I-й Международной научно-практической конференции, 31 марта 2022 г. – М.: Государственный университет управления, 2022. – 147 с. ISBN 978-5-215-03558-0.

Цвик Л. Б., Тармаев А. А. Компьютерные технологии расчёта и проектирования подвижного состава: Учебное

пособие. – М.: УМЦ ЖДТ, 2022. – 240 с. ISBN 978-5-907479-21-0.

Человек и транспорт: психология, образование, эргономика: Материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 11–12 ноября 2021 г. / Под общ. ред. Е. Ф. Ященко. – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2022. – 154 с. ISBN 978-5-7641-1758-4.

Эмиров А. Е., Эмиров Н. Д. Международная логистика: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по экономическим направлениям. – М.: Юрайт, 2022. – 173 с. ISBN 978-5-534-14927-2.

Книги иностранных издательств

Alternative Fuels and Advanced Vehicle Technologies for Improved Environmental Performance. Towards Zero Carbon Transportation. Eds. R. Folkson, S. Sapsford. Woodhead Publishing, 2022, 798 p. ISBN: 9780323909792.

Biswas, W. K., John, M. Engineering for Sustainable Development: Theory and Practice. John Wiley & Sons, Inc., 2022, 352 p. ISBN 9781119720980. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119721079>.

Di Hu. Analysis and Design of Prestressed Concrete. Elsevier, 2022, 460 p. ISBN 9780128244258.

Hagberg and Benumof's Airway Management. Ed. C. Hagberg. Elsevier, 2022, 992 p. ISBN 9780323795388.

Huang, H., Savkin, A., Huang C. Autonomous Navigation and Deployment of UAVs for Communication, Surveillance and Delivery. John Wiley & Sons, Inc., 2022, 272 p. ISBN 9781119870838. DOI: [10.1002/9781119870869](https://doi.org/10.1002/9781119870869).

Human Factors in Aviation and Aerospace. 3rd ed. Eds. J. Keebler, E. Lazzara, K. Wilson, B. Blickensderfer. Academic Press, 2022, 620 p. ISBN 9780124201392.

Prokop, D. Transportation Operations Management. Elsevier, 2022, 240 p. ISBN 9780128154151.

Renne, J., Wolshon, B., Pande, A., Murray-Tuite, P., Kim, K. Creating Resilient Transportation Systems. Policy, Planning, and Implementation. Elsevier, 2022, 232 p. ISBN 9780128168202.

Teodorovic, D., Janic, M. Transportation Engineering. Theory, Practice, and Modeling. Butterworth-Heinemann, 2022, 1012 p. ISBN 9780323908139.

Transportation Amid Pandemics. A volume in World Conference on Transport Research Society. Eds. Junyi Zhang, Yoshitsugu Hayashi. Elsevier, 2022, 490 p. ISBN 9780323997706. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2020-0-04079-X>.

Составила Н. ОЛЕЙНИК ●

Содержание номеров журнала «Мир транспорта», вышедших в 2022 году в томе 20

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

Мачерет Д. А.

Окольный путь к высокой мобильности.
Диалектика мобильности в истории человечества № 2 (99) С. 18–28

Тяпухин А. П.

Принципы управления устойчивостью организации № 2 (99) С. 6–17

НАУКА И ТЕХНИКА

Атапин В. В.

Дополнительные критерии изменения кривизны и температуры рельсовых
плетей при контроле за предотказным состоянием бесстыкового пути в плане № 6 (103) С. 18–26

Баранов Т. М., Зайнагабдинов Д. А.

Жёсткость фланцевых стыков со связями растяжения
сборных обделок тоннелей № 2 (99) С. 30–41

Волков А. А., Морозов М. С.

Фазовый преселектор, подавляющий зеркальный канал в радиоприёмнике № 1 (98) С. 30–35

Галлямов Д. И., Овчинников Д. В.

Анализ взаимосвязи подуклонки рельсов и ширины колеи на основании
данных вагонов-путеизмерителей № 6 (103) С. 27–34

Гридасова Е. А., Фазилова З. Т., Никифоров П. А., Косьянов Д. Ю.

Механизм образования и исследование свойств белого слоя
в высокоуглеродистой рельсовой стали М76 № 2 (99) С. 42–50

Егоров В. В.

Потенциал применения комплекса экспресс-диагностики (Exsys, ИМДЦ-2)
для тепловозных дизелей № 1 (98) С. 23–29

Еркебаев А. Ж.

Контроль технического состояния силовых трансформаторов
методом акустического диагностирования № 1 (98) С. 13–22

Желудкевич А. М., Заярный С. Л.

Рельсовый путь для лёгкого рельсового транспорта № 5 (102) С. 13–22

Иовлева Е. Л., Лебедев М. П., Филиппова Н. А.

Получение низкозастывающего дизельного топлива для надёжной работы
техники в районах Крайнего Севера и Арктики № 6 (103) С. 14–17

Кузьмин В. С., Табунчиков А. К.

Оценка чувствительности локомотивных приёмников
при использовании испытательных шлейфов со скрещиваниями № 3 (100) С. 30–38



Лабутин Н. А.

Разработка численной модели аэродинамического взаимодействия высокоскоростного поезда, воздушной среды и объектов инфраструктуры № 4 (101) С. 6–16

Логонова Е. Ю., Кузнецов Г. Ю.

Повышение тяговых характеристик тепловоза с гибридной энергетической установкой № 3 (100) С. 21–29

Петров Г. И., Филиппов В. Н., Курзина Н. М., Сергеев И. К.

Оценка опасности выжимания порожних вагонов при маневровых соударениях и переходных режимах движения в тяжеловесных поездах № 1 (98) С. 50–58

Сотников Е. А., Шенфельд К. П.

Четвёртая промышленная революция и её влияние на железные дороги № 6 (103) С. 6–13

Троицкая Н. А.

Инновационный подход к созданию новых видов городского пассажирского транспорта № 1 (98) С. 36–49

Хриптович Е. В., Шиганов И. Н., Пономаренко Д. В., Шмелев С. А., Ишкиняев Э. Д.

Сравнительный анализ характеристик бандажей колёсных пар, закалённых с использованием лазерного и плазменного источника тепла № 3 (100) С. 6–12

Цуканов И. Ю., Любичева А. Н., Ковалев Д. И.

Оценка боковой силы при взаимодействии колеса автомобиля с дорожной колеёй № 5 (102) С. 6–12

Шевлюгин М. В., Антонов В. С., Максименко Н. В.

Современные подходы к проектированию устройств тяговой сети железных дорог с помощью BIM-технологий № 1 (98) С. 6–12

Шутов Д. С., Лакин И. И.

Контроль технического состояния силовых трансформаторов методом акустического диагностирования № 3 (100) С. 13–20

Юницкий А. Э., Артюшевский С. В., Цырлин М. И.

Оптимизация аэродинамической формы монорельсового подвешенного юнибуса № 4 (101) С. 17–26

УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА

Алексеев Н. Ю.

Выборочное обследование пассажиропотока методом анализа Wi-Fi данных в московском транспортном узле. Часть 1 № 3 (100) С. 75–82

Алексеев Н. Ю.

Выборочное обследование пассажиропотока методом анализа Wi-Fi данных в московском транспортном узле. Часть 2 № 4 (101) С. 39–60

Бубнова Г. В., Борейко А. Е.

Концептуальные и организационно-технологические решения по формированию цифровых платформ управления перевозками по международным транспортным коридорам № 4 (101) С. 86–97

Вакуленко С. П., Евреенова Н. Ю., Калинин К. А.

Оптимальный режим взаимодействия наземного городского пассажирского транспорта с железнодорожным транспортом в ТПУ № 5 (102) С. 24–28

<i>Денисов В. В., Кононов И. И., Прусов М. В.</i> Управление процессами загрузки, хранения и выгрузки зерновых грузов в транспортно-складских комплексах	№ 2 (99) С. 60–65
<i>Ефанов Д. В., Хорошев В. В., Осадчий Г. В.</i> Концептуальные основы синтеза безопасных систем управления движением поездов	№ 3 (100) С. 50–57
<i>Ефимова О. В., Пинчук С. С.</i> Процессный подход – основа цифровых трансформаций в транспортно-логистическом бизнесе	№ 1 (98) С. 67–72
<i>Землин А. И.</i> Проблемные вопросы легализации понятий, используемых в целях правового регулирования транспортных отношений с участием автомобилей с автоматизированной системой вождения	№ 5 (102) С. 29–34
<i>Кайзер Е. В., Лебедева А. С.</i> Оценка готовности транспортной инфраструктуры города Санкт-Петербург для электротранспорта	№ 3 (100) С. 58–68
<i>Карлов А. В.</i> Транспортная политика: теоретическая база и экономические аспекты	№ 1 (98) С. 60–65
<i>Киселенко А. Н., Сундуков Е. Ю., Тарабукина Н. А.</i> Методы прогнозирования развития транспортных систем в современных условиях	№ 3 (100) С. 40–49
<i>Куренков П. В., Солоп И. А., Чеботарева Е. А., Герасимова Е. А., Курганова Н. В.</i> Снижение дефицита пропускных способностей железнодорожных направлений за счёт внедрения интервального регулирования движения поездов	№ 5 (102) С. 46–53
<i>Лакин И. И., Мельников В. А.</i> Математические методы проверки достоверности данных о надёжности локомотивов, их эксплуатации и техническом обслуживании	№ 2 (99) С. 77–82
<i>Лёвин Б. А., Пискунов А. А., Поляков В. Ю., Савин А. В.</i> Применение искусственного интеллекта для транспортного строительства: инженерные и образовательные аспекты	№ 1 (98) С. 74–79
<i>Левин Д. Ю.</i> Управление поездообразованием. Часть 1	№ 1 (98) С. 96–104
<i>Левин Д. Ю.</i> Управление поездообразованием. Часть 2	№ 2 (99) С. 66–76
<i>Ли Бинчжан</i> Технология блокчейн в цепочках поставок транспортных узлов в Китайской Народной Республике	№ 4 (101) С. 73–85
<i>Ли Тэк Енг, Король Р. Г.</i> Вопросы интеграции Транскорейской и континентальной железных дорог	№ 2 (99) С. 83–92
<i>Макеева Е. З., Рычкова А. С.</i> Построение гибких систем цифрового взаимодействия участников транспортного процесса в условиях меняющейся внешней среды	№ 6 (103) С. 72–78





Мальшев М. И.

Использование возможностей искусственного интеллекта для выявления повреждённых грузов по внешнему виду упаковки при выполнении логистических операций № 4 (101) С. 61–72

Матанцева О. Ю., Арёдова А. К., Щеголева И. В.

Исследование влияния факторов на качество обслуживания пассажиров и эффективность использования подвижного состава № 4 (101) С. 98–104

Панков В. Ю.

Новая методика расчёта нагрузки на дорожное полотно № 1 (98) С. 81–95

Поляк М., Лахметкина Н. Ю.

Ценообразование в сфере автомобильных грузовых перевозок № 5 (102) С. 35–45

Рогавичене Л. И., Емец А. В.

Внедрение беспилотных транспортных средств в инфраструктуру Санкт-Петербурга: исследование проблем № 2 (99) С. 52–59

Сиваков В. В., Камынин В. В., Тихомиров П. В.

Совершенствование транспортного обслуживания в городе Брянске № 4 (101) С. 105–110

Солнцев И. В.

Оценка социальных эффектов, формируемых железнодорожным транспортом № 4 (101) С. 28–38

Сушко О. П.

Моделирование авиапассажирских перевозок России № 6 (103) С. 64–71

Сушко О. П., Корягин Н. Д.

Моделирование цен авиаперевозок пассажиров № 5 (102) С. 54–63

Тарасенко Е. А., Елисеев В. Н.

Диагностика подсистем цепей поставок материально-технических ресурсов железнодорожным транспортом в Оренбургской области № 3 (100) С. 69–74

Школина Д. И., Ададунов А. С., Бехер С. А.

Оптимизация ресурсов распределённых производственных процессов с использованием имитационного моделирования № 6 (103) С. 56–63

Экспресс-информация

Национальный проект «Безопасные качественные дороги»: в 2021 году в России отремонтировали 16,5 тыс. км дорог № 1 (98) С. 66

Экспресс-информация

Внедрение интеллектуальных транспортных систем в российских регионах № 1 (98) С. 80

Редакционная публикация

Транспортная неделя-2022 № 6 (103) С. 36–55

Редакционная публикация

Новости транспортной отрасли в ноябре–декабре 2022 года № 6 (103) С. 79–84

БЕЗОПАСНОСТЬ, УСТОЙЧИВОСТЬ, ЭКОЛОГИЯ

Землин А. И., Матеева М. А., Гоц Е. В., Торшин А. А.

Проблемные вопросы правового регулирования использования автомобилей с автоматизированной системой вождения № 4 (101) С. 117–122

Ишков А. М., Иванова А. Е., Бояршинов А. Л., Филиппова Н. А.

Состояние безопасности дорожного движения в Арктической зоне Российской Федерации № 5 (102) С. 66–75

Рейес Суарес Я., Балабин В. Н.

Энергетическое влияние степени гидратации этанола и коэффициента избыточного воздуха (α) на использование смесей этанол-бензина в двигателях с искровым зажиганием

№ 4 (101) С. 112–116

Холиков И. В.

Гуманитарно-правовое регулирование использования госпитальных судов в современных условиях

№ 5 (102) С. 76–83

Экспресс-информация

Изменения в правила дорожного движения о средствах индивидуальной мобильности

№ 5 (102) С. 84

Экспресс-информация

«Нужна надёжность каждого локомотива»

№ 4 (101) С. 264

ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ

Ариничева О. В., Малишевский А. В.

Влияние соционических характеристик пилота на особенности восприятия и интерпретации им визуальной приборной информации

№ 5 (102) С. 94–102

Ерхова М. В., Шумкова Л. Г.

Исследование индивидуальных мотиваторов выпускников транспортных учебных заведений

№ 5 (102) С. 86–93

Экспресс-информация

Юбилей ДВГУПС

№ 5 (102) С. 64

КОЛЕСО ИСТОРИИ

Балабин В. Н., Сербулов А. Ю.

Теплотехнические основы создания пароаккумуляторных локомотивов

№ 2 (99) С. 94–99

Верховский Н. П.

О книге Н. П. Верховского «Железнодорожная неразбериха». Часть 2. Пресс-архив

№ 1 (98) С. 120–130

Верховский Н. П.

О книге Н. П. Верховского «Железнодорожная неразбериха». Часть 3. Пресс-архив

№ 2 (99) С. 108–118

Григорьев Н. Д.

Химик, практик, учитель... Иван Алексеевич Каблуков (1857–1942)

№ 1 (98) С. 113–119

Григорьев Н. Д.

Иван Гаврилович Александров. Страницы жизни и достижений

№ 6 (103) С. 94–102

Крицкий А. М.

К вопросу об оздоровлении воздуха в пассажирских вагонах (1891–1892 годы). Пресс-архив

№ 4 (101) С. 124–132

Мачерет Д. А.

Развитие железнодорожной сети и «большой экономический рывок» в России

№ 5 (102) С. 104–112

Опёнышев О. С., Землина О. М., Янгёз Д. И.

Актуальные вопросы становления и развития Московской межрегиональной транспортной прокуратуры

№ 6 (103) С. 86–93





Разуваев А. Д.

История развития сухопутной транспортной инфраструктуры: техническая база и экономические аспекты. Часть 2

№ 1 (98) С. 106–112

Федянин А. И.

На краю Мещёры. История лесных дорог. Некоторые факты об истории строительства железнодорожных линий Кривандино–Рязановка и Сазоново–Пилёво. Часть 1

№ 2 (99) С. 100–107

Федянин А. И.

На краю Мещёры. История лесных дорог. Некоторые факты об истории строительства железнодорожных линий Кривандино–Рязановка и Сазоново–Пилёво. Часть 2

№ 3 (100) С. 84–91

Редакционная архивная публикация

Обсуждение доклада Н. П. Верховского по книге «Железнодорожная неразбериха» в Императорском Российском техническом обществе в 1910 году

№ 3 (100) С. 92–98

Редакционная архивная публикация

Железнодорожные новости 1912 года.

№ 5 (102) С. 113–114

Редакционная архивная публикация

Электрическая тяга: публикации 1912 года

№ 6 (103) С. 103–106

КНИЖНАЯ ЛОЦИЯ

Антонович М., Кабенков С. Ю.

65 лет издательской деятельности «Бюллетеня ОСЖД»

№ 3 (100) С. 104–111

Багреева Е. Г.

Правовое регулирование рыночной экономики на транспорте как юридическая дисциплина

№ 4 (101) С. 134–137

Сильянов В. В.

Учебник о транспортировке крупногабаритных тяжеловесных грузов

№ 2 (99) С. 120–121

Холиков И. В.

Правовое регулирование и организация контрольно-надзорной деятельности: новые методические горизонты для новой дисциплины

№ 3 (100) С. 100–103

Редакционная публикация

Книга о Российском университете транспорта (МИИТ)

№ 1 (98) С. 132–134

Редакционная публикация

Материалы «Бюллетеня ОСЖД» в первом полугодии 2022 года

№ 4 (101) С. 138–141

Редакционная архивная публикация

Библиография. Значительнейшие из трудов профессора Н. П. Петрова (1892 год)

№ 6 (103) С. 108–111

АВТОРЕФЕРАТЫ ДИССЕРТАЦИЙ

№ 1 (98) С. 135–139, № 2 (99) С. 122–126, № 3 (100) С. 112–122, № 4 (101) С. 142–150, № 5 (102) С. 116–124, № 6 (103) С. 112–118

НОВЫЕ КНИГИ О ТРАНСПОРТЕ

№ 1 (98) С. 140, № 2 (99) С. 126, № 3 (100) С. 122, № 4 (101) С. 150, № 5 (102) С. 124, № 6 (103) С. 118

Содержание номеров журнала «Мир транспорта», вышедших в 2022 году в томе 20

№ 6 (103) С. 119–124



XVI МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ И ВЫСТАВКА «ТРАНСПОРТ РОССИИ»

В Москве 17 ноября 2022 года завершилась «Транспортная неделя» – главное деловое событие отрасли в России. Основным мероприятием является Международный форум и выставка «Транспорт России».

В рамках форума традиционно рассматриваются вопросы, касающиеся развития транспортной инфраструктуры, повышения качества грузовых и пасса-

жирских перевозок, обеспечения безопасности на транспорте.

30 мероприятий делового формата форума в 2022 году привлекли более 300 спикеров, 3500 участников и свыше 40 делегаций из субъектов Российской Федерации.

Программа Форума была разделена на три основных блока: «Стратегия», «Перевозки и инфраструктура», «Междуна-



родные транспортные коридоры». Каждому из них был посвящён отдельный день деловой программы.

На полях Форума прошло 63 подписания соглашений о сотрудничестве и взаимодействии. Все открытые деловые сессии транслировались онлайн на сайте Министерства транспорта Российской Федерации и на официальном сайте Транспортной недели. За время мероприятия число просмотров онлайн-трансляций составило 355 тысяч.

На выставке «Транспорт России» были представлены все ключевые компании отрасли. Общая площадь экспозиции составила 3900 кв. м, свои новейшие разработки продемонстрировали 75 экспонентов, а осмотреть их пришли более 10 тысяч человек. Центральное место занял Объеди-

нённый стенд приоритетных проектов, демонстрирующий ход реализации важнейших проектов транспортной отрасли.

Также на выставке работала студия Российского общества «Знание», где за три дня прошло более 20 лекций, открытых диалогов, интервью с представителями крупнейших компаний отрасли, учёными и инженерами.

По материалам Министерства транспорта России и сайта мероприятия:
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10516>;
<https://2022.transweek.digital/ru/media/v-moskve-zavershilis-xvi-mezhdunarodnyy-forum-i-vystavka-transport-rossii> ●



16th International Transport of Russia Forum and Exhibition

November 17, 2022 was the final day of the Transport Week, the main business meeting of the industry in Russia, comprising as core events the Transport of Russia International Forum and Exhibition.

The framework of the forum traditionally focuses on the issues related to the development of transport infrastructure, improving the quality of freight and passenger transportation, and ensuring transport safety.

30 events of the forum's business format in 2022 attracted more than 300 speakers, 3500 participants and over 40 delegations

from the constituent entities of the Russian Federation.

The program of the Forum was divided into three main blocks: Strategy, Transport and Infrastructure, International Transport Corridors. A separate day of the business program was dedicated to each of them.

On the sidelines of the Forum, 63 cooperation and interaction agreements were signed. All open business sessions were broadcast online on the website of the Ministry of Transport of the Russian Federation and on the official website of Transport Week. During the event, online



broadcasts were viewed more than 355 thousand times.

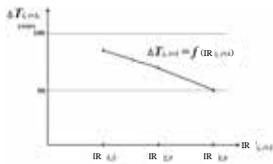
All key companies of the industry attended the Transport of Russia Exhibition. The total area of the exposition was 3900 sq. m, 75 exhibitors demonstrated their latest developments, and the Exhibition was visited by more than 10 thousand people. The attention particularly focused on the Joint Stand of Priority Projects, demonstrating the progress of the implementation of the most important projects in the transport industry.

The studio of the Russian Znanie Society was a platform for more than 20 lectures,

open dialogues, and public interviews with representatives of the largest companies in the industry, scientists, and engineers over three days of the Exhibition.

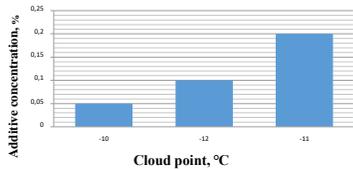
Compiled based on the news released by the Ministry of Transport of the Russian Federation and news placed on the website of the event:
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10516>;
<https://2022.transweek.digital/ru/media/v-moskve-zavershilis-xvi-mezhdunarodnyy-forum-i-vystavka-transport-rossii> ●

T



THE FUTURE OF RAILWAYS 126

Fourth industrial revolution and its impact on the developments of railways. A forecast of the time of advent of the fifth industrial revolution and of its substance.



AUTOMOTIVE VEHICLES IN THE NORTHERN AREAS 134

Analysis of processes of freezing of the diesel fuel under low temperatures.

SCIENCE AND ENGINEERING



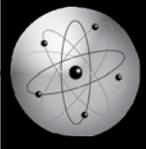
JOINTLESS TRACK 138

Additional criteria of the control of reliability of rail track in the plan in terms of curvature and temperature behaviour of continuous rail.



RAIL 147

Interrelation of rail canting and of gauge width and their impact on stressedly-deformed condition of a rail.



ORIGINAL ARTICLE

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-1>

The Fourth Industrial Revolution and its Impact on Railways



Evgeny A. SOTNIKOV



Konstantin P. SHENFELD

**Evgeny A. Sotnikov¹,
Konstantin P. Shenfeld**

¹ JSC Railway Research Institute (JSC VNIIZhT),
Moscow, Russia.

✉ ¹ info@vniizht.ru.

ABSTRACT

The analysis of the stages of development of industrial production by human society based on the well-known concept of four industrial revolutions has resulted in retrospection of technical and technological development of railways during the periods between the industrial revolutions in terms of core rail engineering systems (infrastructure, rolling stock, control and management system), as well as contributed to outline prospects for foreseeable period. It has allowed to identify main directions of technical and technological development of productive forces characteristic of the fourth industrial revolution.

The objective of the research was to identify those directions that are appropriate to be applied in relation to rail transport as well as to choose a few specific technical and technological solutions.

In the field of digitalisation, it is proposed to focus on development and implementation of intelligent management systems for each workplace or of intelligent workplaces (IWP), which ensure development of optimal solutions for numerous operational tasks fulfilled by the dispatchers on duty at railway facilities. It has been determined that for a case of a large rail company like JSC Russian Railways creation of managers' IWPs should be based on the scale and generality of the tasks solved at numerous similar managed objects since, for example, the number

of dispatching sections reaches more than 400, the number of stations and simultaneously moving trains is of several thousand, and of train sheds and infrastructure sections is of several hundred, etc. This allows creating standard systems that are further replicated for specific workplaces while considering local specifics.

Intelligent systems integrate as important elements fast-growing production of increasingly miniaturised, and to be underlined, constantly cheaper sensors, capable today of being built into almost any objects that in terms of railways comprise, for example, a wheel of a wagons or of a locomotive, engines, rails, any wagons or containers. This allows continuously monitoring the current state of any objects, as well as their nodes resulting in fundamentally new opportunities for reducing the cost of maintenance of rolling stock and infrastructure, as well as ensuring transport safety. Thus, for the first time ever, the task of achieving «absolute» rail traffic safety can be set.

The article includes a forecast of the approximate time of the advent of the fifth industrial revolution and the trajectories of development of technical systems of railways for the period before its start. The use of the results of the study is supposed to facilitate to concretise directions of the promising technical and technological development of rail transport.

Keywords: industrial revolutions, railways, intelligent workplaces, new jobs, robotics, forecast.

For citation: Sotnikov, E. A., Shenfeld, K. P. The Fourth Industrial Revolution and its Impact on Railways. World of Transport and Transportation, 2022, Vol. 20, Iss. 6, (103), pp. 126–133. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-1>.

**The text of the article originally written in Russian is published in the first part of the issue.
Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.**

INTRODUCTION

Mass production manufacturing industry on our planet started in the late 1700s, first in England. And then periodically there were technical and technological leaps which are known as industrial revolutions [1].

According to the accepted classification, four such revolutions have already taken place, the last of which is taking place today. Each of the revolutions is identified by new directions of development, based primarily on achievements of fundamental sciences, as well as by its own technical and technological achievements.

The *objective* of the article is to analyse new solutions that are characteristic of the fourth industrial revolution, as applied to rail transport. These solutions simultaneously define new tasks that transport science must solve in the modern period.

RESULTS

Retrospective Analysis

The first industrial revolution started during the second half of the 18th century and continued through the first half of the 19th century¹. Its technological basis was founded by invention of steam engine followed by mechanisation of manufacturing process. Rail transport was among the most important components of the first industrial revolution: a steam locomotive appeared, and the already existing mostly wooden rails were quickly replaced with cast iron ones.

Railway employees can be proud of the fact that it was this mode of transport that connected the cities with convenient ground transit, which ensured not only rapid industrial growth in the 19th century, but also fundamentally changed the life of the human community. Railways, with a total length of more than 1 million km on five continents², still fulfil this role today, and so far, there is no replacement for them. But what about the car? The answer is simple. In a car, you can't carry ore for 2000–3000 km or more. It is expensive. Yes, transportation of such mass cargoes as crude oil, gasoline, over long distances has mainly switched to pipelines,

¹ Periodisation of the first industrial revolution has not been unambiguous till now. Different sources reference its beginning either to 1740s or to 1760–80s.

² According to the UIC data the length of railways worldwide in 2020 exceeded 1 mln 140 thous km. [Electronic resource]: <https://uic.org/IMG/pdf/passenger-tonne-line-kilometers-timeseries-overperiod-2004–2020.pdf>. Last accessed 25.10.2022.

because it is cheaper. But there are hundreds of types of oil products. And practically each of them requires its own pipeline. With relatively small volumes of production, their construction is economically unjustified. Therefore, transportation of most of them is carried out by railways. It is the possibility of cheap transportation over long distances of mass and other goods, that makes railways so far indispensable. At least for the next 100 years or more.

The second industrial revolution began closer to the end of 19th century³ with industrial exploration of electricity, adoption of new steelmaking technology, and flow-line production. Railways began to switch to electric traction (electric locomotives). During the same period, an internal combustion engine, a car, airplanes, diesel locomotives and much more appeared.

The 1960s saw another radical change with the advent of semiconductors and computers. Everything developed rapidly: first large computers appeared, then, in the 1980s, personal computers and in the 1990s the Internet emerged. It was the third, computer or otherwise digital revolution.

Fourth Industrial Revolution and Railways

Today we are at the beginning of the fourth industrial revolution. This is not fully understood by society yet, but it is true. What is it?

Each new technological transformation lays on previous advances. The fourth industrial revolution relies primarily on the digital revolution, fundamentally developing it based on the transition to intelligent control systems, i.e., there should be a transition from automated workplaces (AWP) to intelligent workplaces (IWP). Without waiting for creation of artificial intelligence, similar to human intelligence, which, in our opinion, is still far away, it is necessary to create many «smart» objects using control algorithms close to those currently used. For rail transport, these are «smart» track, locomotive, wagon, train, station, container yard, train shed, industrial and social buildings, numerous «smart» objects of operational dispatch control [2–4]. And, finally, this is a «smart» railway, a «smart» department in the Russian Railways HQ, and

³ Periodisation of its beginning and end time is also not unambiguous and can refer to different periods starting from 1870s.



even a «smart» manager within the top management of Russian Railways, no matter what position he holds, up to the highest one. In the end, most management decisions at all levels should (and undoubtedly will) be made by employees not only based on their knowledge, experience, intuition and just the mental abilities of a particular person, but mainly based on decisions developed on-line by intelligent management systems at specific IWPs. Such systems should be created by transport science, which today offers, as a rule, systems for solving individual problems or only information systems.

Of course, it is impossible to assign a research team to each facility or manager, but on the railway, creation of specific intelligent management systems that solve the entire large range of tasks at each individual workplace is facilitated by the mass character, large scale and typicality of tasks solved in the company, as well as the number of similar controlled objects and dedicated employees focused on the same task. For example, the number of simultaneously moving cargo trains is more than 2 thousand, locomotives are counted also in thousands, there are more than 1 million wagons, hundreds of train sheds and infrastructure sections, up to 400 train sections, thousands of stations. That is, the standard systems being created can be replicated, of course, considering local specifics. In general, the problem is extremely complex, and technologists (including practitioners), mathematicians, and programmers should participate in its solution. But the effect should be huge.

Firstly, this is an increase in the quality of decisions made, especially operational ones, since more factors will be considered than the capabilities of the brain allow. Moreover, in an operational environment, seconds may be allotted for decision-making, and then a person uses only intuition and accumulated experience.

Secondly, the factor of influence of difference in abilities of decision makers (DM) is excluded. An intelligent system in all cases must ensure the adoption of an optimal solution or of a solution close to it.

Thirdly, areas controlled by one manager are significantly expanding. The released staff can participate in research related to the expansion of work on the creation of IWP. And it is possible to reduce the duration of the working day and duty shifts.

All this will give the economic and social effect necessary for introduction of intelligent systems.

The most important element that ensures creation of intelligent systems and «smart» objects is associated with various sensors that are rapidly developing and becoming more and more miniature and cheap [5–7]. They are already capable of being built into any objects today, including, for example, a rail, a wagon wheel, a container, etc., allowing continuously monitoring the current state of any object and its nodes. And this opens completely new possibilities for ensuring traffic safety and personal safety on railways, as well as reducing maintenance costs.

It is interesting and important that for the first time in the history of technology, the issue of achieving «absolute» traffic safety in railway transport can be stated and resolved. At the same time, the influence of the human factor on occurrence of emergencies will be excluded by intelligent control systems, and the control of the reliable state of equipment will be provided by sensors at «smart» objects.

The fourth industrial revolution is not limited to fundamentally new developments in technology.

There are more and more new materials, the properties of which until quite recently could not have been imagined [8–10]. And it is difficult to predict what else will be achieved here.

In general, new materials are already becoming significantly stronger, lighter and more recyclable. New materials can significantly increase modulus of elasticity, static and dynamic strength, wear resistance of parts, and hence operational life of railway equipment. «Smart» materials will have memory and the ability to return to their original form, i.e., self-repair and self-purify. «Smart» crystals will turn pressure into energy, and so on.

Railway science should closely follow such achievements of fundamental science to adapt them in a timely manner to the needs of rail transport. And it is also possible to identify real technical requirements for creation of new materials that consider features of railway technology to the maximum. It is necessary that, i.e., JSC Russian Railways carries out research on the forecast of the use of new materials.

Today, such a direction as robotics is also rapidly developing [11; 12] based on increasing flexibility and adaptability of robots, the use of which is increasingly penetrating many

industries. This is facilitated by mentioned miniature sensors, which provide monitoring of the state of both the objects themselves and the external environment.

In rail transport, there are many objects where robots can be used. For example, the term «automated hump yard» is known. But to prepare a train for disassembling in the arrival park of the marshalling yard, a team of wagon inspectors manually unhook the sleeves of the air hoses of the wagons and checks their technical condition «crawling» under each wagon. And on the hump, one of the main operations for uncoupling the cars is carried out manually by the employees responsible for coupling and uncoupling of automatic couplers. Moreover, the maximum speed of disassembling, according to the condition of personal safety of employees, is limited to 7 km/h, although in the absence of such a restraint it could be 1,5–2 times higher. Now is the time to develop a truly «automated hump yard» without any restrictions on dissolution speed, based on robotisation of processes on the hump, as well as maintenance of trains in the arrival park. And this will give a greater effect due to the increase in the processing capacity of humps. There is no doubt that robots can be widely used in track repair, and within other railway facilities.

It is possible to name other directions of a fundamentally new development of technologies that ensure implementation of achievements of the fourth industrial revolution. For example, the use of unmanned vehicles [13] will be further extended to inspect infrastructure⁴. Also we can name the 3D, 4D printing, the technology of which can be used to manufacture various spare parts on site or close to the place of their use. Also, with the help of geolocation [14], it is possible to track the location of specific workers on railway tracks, preventing them from entering dangerous zones and promptly notifying them of the approach of trains, locomotives and shunting trains, etc.

Fifth Industrial Revolution: Tentative Conceptualisation of its Contents and Forecast of the Terms of its Beginning

Publications have appeared quite recently that are focused on forecasting of the contents

⁴ How the unmanned vehicles work on railways [*Kak bespilotniki sluzhat na zheleznoi doroge*]. Gudok newspaper, November 11, 2022. [Electronic resource]: <https://gudok.ru/content/infrastructure/1618875/>. Last accessed 06.11.2022.

and terms of beginning of the fifth industrial revolution. Thus, the authors [15] note that «the Fifth Industrial Revolution, or 5IR, encompasses the notion of harmonious human–machine collaborations, with a specific focus on the well-being of the multiple stakeholders (i.e., society, companies, employees, customers)» [15, P. 199] and that «The 5IR differs from the 4IR in its focus on synergistic collaboration rather than competition (and possible replacement). That is, in the 4IR, the goal was to increase the scope and number of innovative technologies in manufacturing as well as service and retail settings, such that humans and robots competed for jobs, and the use of technology was maximized. In the 5IR, shifting emphases instead prioritize efforts to understand where each actor excels and how humans and technology can collaborate, rather than one replacing the other» [15, P. 201]. Another author has described this process even more vividly: «Industry 5.0 will be about the robotics we put inside ourselves – bionic augmentation and the ‘internet of bodies’»⁵. Another author in the paper entitled «In the 5th Industrial Revolution, creativity must meet technology» notes that «Like Industry 4.0, which focusses on the use of Artificial Intelligence (AI), Big Data and the Internet of Things (IoT), Industry 5.0 embodies these systems and incorporates greater human intelligence. The main difference between the 4th and 5th industrial revolutions is that Industry 5.0 seeks to foster a more balanced working relationship between increasingly smart technologies and humans. Rather than humans competing with robots for jobs, as feared with the arrival of Industry 4.0, humans are now envisioned to collaborate with them»⁶. Other authors referring also to educational process in the Universities outline that the fifth industrial revolution «will see humans leverage the technological gains of Industry 4.0, which was focused on automation, artificial intelligence, Big Data and the Internet of

⁵ Ball, C. How the fifth industrial revolution will impact the future of work. October 24, 2022. [Electronic resource]: <https://www.theecomagazine.com/business/innovation-technology/fifth-industrial-revolution/>. Last accessed 06.11.2022.

⁶ Sondh, K. In the 5th Industrial Revolution, creativity must meet technology. Oxford Economics, April 29, 2021. [Electronic resource]: <https://blog.oxfordeconomics.com/world-post-covid/in-the-5th-industrial-revolution-creativity-must-meet-technology>. Last accessed 06.11.2022.



Values of IR_i and $\Delta T_{i,i+1}$ for $IR_{i,2}$

IR_i	Calendar year (approximately) of the beginning of industrial revolutions	Time lag, years $\Delta T_{i,i+1}$
1	1805	85 for $IR_{1,2}$
2	1890	70 for $IR_{2,3}$
3	1960	
4	2010	50 for $IR_{3,4}$

Things, and transform them into human-centred solutions to a vast range of challenges»⁷.

The concept of creation of intelligent workplaces described above fully comply with this approach and can be considered as one of directions of the fifth industrial revolution for rail transport. However, it is quite probable to expect fundamentally new technical and technological solutions that will cardinally change our impression on the nature of development of the new industrial revolution.

Let us now look a little into the future and try to determine the date of the possible start of the fifth industrial revolution, which requires an analysis of the nature of the change in the length of time passing from the beginning of one such revolution to the beginning of the next.

Let us designate the number of the industrial revolution as IR_p , while for the first of them $IR_1 = 1$, and accordingly, $IR_2 = 2$, $IR_3 = 3$ and $IR_4 = 4$. The length of time between adjacent industrial revolutions (time lag) $\Delta T_{i(i+1)}$ will be:
$$\Delta T_{i,i+1} = \Delta T_{(i+1)} - T_p \quad (1)$$
 where $T_{(i+1)}$, T_p – calendar year of the beginning of the i -th and of the $(i + 1)$ -th industrial revolutions.

Table 1 presents data on the approximate (estimated) calendar year of the beginning of industrial revolutions (basing primarily on their impact on the rail vehicles and technology) and the values of $\Delta T_{i,i+1}$.

Certainly, the years indicated in the Table, let us emphasise it once again, are conditional and are focused on key dates of the most expressive effect exerted by the first and second industrial revolutions on the rail transport. Thus, 1805 is the time of the intensive work on development

of steam locomotives. 1890 is benchmarked as a conditional reference date, a median boundary of emergence of new railway technology. The Siemens company demonstrated in 1879 at the industrial exhibition in Berlin a first prototype of an electrified railway, while first electrified railway was commissioned for commercial operation, as it is deemed, in 1895–96 in the United States. The impact of the third and fourth industrial revolutions on railways can be counted from their very beginnings since the influence of revolutionising technologies emerged historically at once.

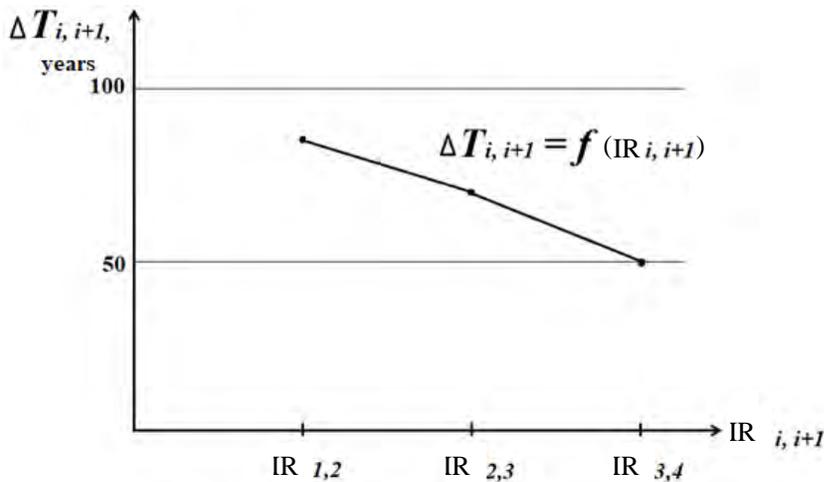
It is worth noting, whilst it is not shown in further estimations, that even if we take different dates of the beginning of the industrial revolutions irrespectively of railways, the common trend towards shortening of time lags is quite evident. If in the absence of commonly recognised terms of beginning of the first and second industrial revolutions, we shall deem the advent of the first industrial revolution to be in 1780, and the start of the second one in 1880 (without speaking about the eventual start, as it proposed sometimes, of the fourth industrial revolution at the early 2000s), then the time lags will be respectively of 100, 80, 50 years.

Thus, to some extent, considering the shortened time lags between industrial revolutions, synchronisation of their advent and the impact there-of on railways, futuristic character of the forecast, it can be also considered in terms of the beginning of the fifth industrial revolution as well.

Pic. 1 shows the function of change ($\Delta T_{i,i+1}$) of the time lag between adjacent industrial revolutions – here the numerical values $IR_{i,i+1}$ should be determined by the start time of the $(i + 1)$ -th industrial revolution. Respectively: $IR_{1,2} = IR_2 = 2$, $IR_{2,3} = IR_3 = 3$, $IR_{3,4} = IR_4 = 4$.

Representing the desired function by a polynomial of the second degree, we obtain:
$$\Delta T_{i,i+1} = 100 - 2,5 \cdot IR_{i,i+1} - 2,5 \cdot IR_{i,i+1}^2 \quad (2)$$

⁷ Preparing students for the fifth industrial revolution. Website of University of Technology Sydney, May 17, 2022. [Electronic resource]: <https://www.uts.edu.au/news/education/preparing-students-fifth-industrial-revolution>. Last accessed 06.11.2022.



Pic. 1. Function of the change of the time lag between adjacent industrial revolutions.

It would seem that extending the effect of dependence (2) to the period after $IR_{3,4}$ it is possible to determine the next time lags between industrial revolutions. But this issue must be approached very carefully. It is easy to see that function (2) can have zero and even negative values, which $\Delta T_{i, i+1}$ cannot take.

Assuming the possibility of extending function (2) for only one more period, i.e., before the start of the fifth industrial revolution, we get $\Delta T_{4,5} = 25$ years. Then, for the accepted conditions, we can expect the start of the fifth industrial revolution in about 25 years, i.e., in $2010 + 25 = 2035$.

Certainly, this forecast of the terms is not more than a probable variant of eventual development considering conditionality of the assumed time values.

As for duration of the validity of new technical and technological solutions of each of the industrial revolution, it can take almost any value. The shorter is this period, the faster the achievements of the next industrial revolution are implemented at the objects of the considered managed range which can be the whole country or its regions, continent (Europe, Asia, etc.) or even the whole earthly civilisation. The implementation period depends on many factors: the initial technical and technological state of the considered managed area, the financial situation, the system of social structure, etc. But it is ultimately determined by investment resources that can be used within the considered managed area.

Retrospective and Prospective Analysis of the Technical and Technological Development of Railways

The analysis of achievements of industrial revolutions that have already taken place and of the prospects for future new ones allows us to present a retrospective of technical and technological development of rail transport from the very first moment to the present and to forecast such developments for some future period. Table 2 shows such aggregated data for industrialised countries.

CONCLUSION

Sometimes you can hear the opinion that the age of railways is gradually ending. It's not like that at all. If the latest achievements of science are introduced in railway transport, then the scope of the use of railways will not only be preserved, but also expanded. This was proved, for example, by specialised passenger high-speed railway lines, HSR [16; 17]. At speeds up to 300–400 km/h and at distances up to 1000 km and even more, the travel time between the centres of large cities using high-speed lines takes less time than when using air transport. And indeed, where high-speed lines are built, and there are more than 59 thousand km⁸ of them in the world today, passengers massively switch from air and road transport

⁸ International Union of Railways. High-Speed Rail Atlas. 4th Edition: August 2022, P. 16. [Electronic resource]: <https://uic.org/IMG/pdf/uic-atlas-high-speed-2022.pdf>. Last accessed 06.11.2022.



**Enlarged description of the management system and development
of the technical and technological state of railways per periods
of industrial revolutions for industrialised countries**

Railway transport management system	Technical and technological state of main devices		
	Track and track economy	Locomotives and wagons	System for ensuring train traffic and performing shunting work
Between the 1 st and the 2 nd industrial revolutions (approximately 1805–1890 years)			
<ul style="list-style-type: none"> • autonomous management of individual lines, later limited to railway networks 	<ul style="list-style-type: none"> • cast-iron rails (weighing 25 kg/m), later steel; • gradual increase in rail mass; • wooden sleepers; • joint track; • manual track repair. 	<ul style="list-style-type: none"> • steam traction (steam locomotives); • two-axle and less often 4-axle wagons; • speed up to ~60 km/h. 	<ul style="list-style-type: none"> • telegraph communication; • token system; • semaphores; • manual switching; • mainly backing-up wagons.
Between the 2 nd and the 3 rd industrial revolutions (approximately 1890–1960 years)			
<ul style="list-style-type: none"> • transition in many countries to management of railways at the state level 	<ul style="list-style-type: none"> • special steels for rails; • rail mass up to 40–50 kg/m; • continuous welded rail; • track machines for track maintenance 	<ul style="list-style-type: none"> • electric locomotives; • diesel locomotives; • pneumatic brakes; • automatic coupler; • 4-axle wagons; • specialisation of wagons; • speed up to ~200 km/h. 	<ul style="list-style-type: none"> • automatic blocking; • traffic lights; • radio communication; • centralised control of switches and signals; • section dispatching; • hump yards
Between the 3 rd and the 4 th industrial revolutions (approximately 1960–2010 years)			
<ul style="list-style-type: none"> • interstate information systems with single databases; • international transport corridors; • world container network; • specialised passenger and cargo lines. 	<ul style="list-style-type: none"> • increase of wear resistance of rails; • rail polishing and grinding; • overhaul life up to 1 bln tons; • reinforced concrete sleepers; • «endless» rails; • tiled, monolithic base of the track; • automation of diagnostics; • bridges and tunnel crossings through sea straits; • mechanical track repair. 	<ul style="list-style-type: none"> • lines and networks (Japan, Europe, China) at speeds up to ~300–350 km/h; • asynchronous engines; • electro-pneumatic brakes; • deep specialisation of wagons. 	<ul style="list-style-type: none"> • dispatching centres for train traffic control at networks long of up to 56 thousand km; • fibre optic communication; • beginning of digitalisation; • automation of hump yards, parallel dissolution of trains.
Forecast after the 4 th industrial revolution (option with close cooperation of the countries of the world) (approximately 2010–2035)			
<ul style="list-style-type: none"> • further development of international transport corridors; • expansion of containerisation of cargo transportation; • world information network; • deep cooperation between public and private railways. 	<ul style="list-style-type: none"> • use of lighter and wear resistant new materials for rails; • bringing overhaul life to 2,5 bln tons; • new ballastless track structures; • automated complexes for track maintenance and repair. 	<ul style="list-style-type: none"> • use of new types of fuel for locomotives (hydrogen, etc.); • wide use of automatic train control systems; • deepening the specialisation of rolling stock; • auto uncoupling. 	<ul style="list-style-type: none"> • wide introduction of intelligent workplaces (IWP) of the dispatcher on duty; • interval traffic control without traffic lights; • significant increase in the number of consolidated dispatch centres.
Implementation of systems for monitoring and diagnosing technical means of railways, ensuring achievement of «absolute» train traffic safety.			

to railway, because the speed and comfort of the trip are higher.

The same is true for the fourth industrial revolution. If its achievements are mastered, then new opportunities will appear for expanding the scope of the use of railways. If other modes of transport go ahead in mastering its achievements, then the role of railway transport may decrease.

The fourth industrial revolution that has begun opens new prospects and sets fundamentally new tasks for transport science. There is a wide field of activity for young researchers. Soon we should expect the emergence of new unexpected inventions, technologies, control systems. The task of railway science is not to lag behind and to systematically engage in solving a major problem of developing specific solutions for using fundamental achievements of the fourth industrial revolution for rail transport. At the same time, the use of the results of the completed study will make it possible to specify the directions of promising research in the field of technical and technological development of railways.

REFERENCES

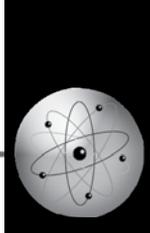
- Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution. Transl. from English. Moscow, Eksmo publ., 2016, 138 p. (Top Business Awards). ISBN 978-5-699-90556-0. [Electronic resource]: http://ncrao.rsvpu.ru/sites/default/files/library/k_shvab_chetvertaya_promyshlennaya_revolyuciya_2016.pdf. Last accessed 25.10.2022.
- Zhiroukhov, E. I. «Smart» cargo train [«Umnii» gruzovoi poezd]. *Lokomotiv*, 2018, Iss. 10 (742), pp. 32–36. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35686781>. Last accessed 25.10.2022.
- Rezer, S. M., Lyovin, S. B., Rezer, A. V., Lyakhova, A. Yu. Digital railway-present and future. *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie: Scientific information collection*, 2019, Iss. 9, pp. 4–11. DOI: 10.36535/0236-1914-2019-09-1.
- Sergeev, N. A. Intelligent train traffic control technologies. *Lokomotiv*, 2020, Iss. 1 (757), pp. 5–6. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41672015>. Last accessed 25.10.2022.
- Brzhezovskiy, A. M. Methods of experimental evaluation of lateral forces (review). *Vestnik VNIIZhT*, 2017, Vol. 76, Iss. 1, pp. 10–18. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28862819>. Last accessed 25.10.2022.
- Pnyov, A. B., Stepanov, K. V., Zhirnov, A. A., Chernutsky, A. O., Koshelev, K. I. Distributed fiber optic sensors applying for self-driving traffic. *Zheleznodorozhnyi transport*, 2019, Iss. 12, pp. 30–31. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41531083>. Last accessed 25.10.2022.
- Gapanovich, V. A., Golovin, V. I., Astrakhan, V. I. Methods and technical means for rolling stock positioning. *Avtomatika, svyaz, informatika*, 2019, Iss. 2, pp. 10–13. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36897746>. Last accessed 25.10.2022.
- Zhuravleva, L. M., Nikulina, Y. A., Lebedeva, A. C. Prospects of Graphene Nanoelectronics. *World of Transport and Transportation*, 2016, Iss. 1 (62), pp. 72–78. [Electronic resource]: <https://mirtr.elpub.ru/jour/article/view/878>. Last accessed 25.10.2022. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2016-14-1-8>.
- Sergeev, N. A. The future belongs to graphene batteries [Budushchee – za grafenovymi akkumulyatorami]. *Lokomotiv*, 2018, Iss. 11 (743), pp. 38–39. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36357079>. Last accessed 25.10.2022.
- New materials – new quality [Novie materialy – novoe kachestvo]. *Upravlenie kachestvom*, 2015, Iss. 9, pp. 52–58. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37319113>. Last accessed 25.10.2022.
- Dudorov, E. A., Kudyukin, V. V., Kotova, K. A., Zhidenko, I. G. Robotic systems for maintenance of rolling stock. *Tekhnika zheleznikh dorog*, 2022, Iss. 1 (57), pp. 50–55. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48122323>. Last accessed 25.10.2022.
- Efimova, P. A. Application of Robotic and Autonomous Systems (RAS) in the Railway Maintenance Sector [Primenenie robotizirovannykh i avtonomnykh sistem (RAS) v sektore tekhnicheskogo obsluzhivaniya zheleznikh dorog]. *Innovative railway. The latest and promising systems for ensuring movement of trains. Collection of articles of the International scientific and practical conference*. St. Petersburg, Petergof publ., 2020, pp. 36–43. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43925941>. Last accessed 25.10.2022.
- Tsvetkov, V. Ya., Oznamets, V. V. Monitoring transport infrastructure using intelligent UAVs. *Avtomatika, svyaz, informatika*, 2020, Iss. 8, pp. 18–21. DOI: 10.34649/AT.2020.8.8.001.
- Khakhina, A. M., Vinchenko, D. N. Geolocation systems and their impact on transport safety. *Sovremennaya shkola Rossii. Voprosy modernizatsii*, 2022, Iss. 4–1 (41), pp. 65–69. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48611039>. Last accessed 25.10.2022.
- Noble, S. M., Mende, M., Grewal, D. [et al]. The Fifth Industrial Revolution: How Harmonious Human–Machine Collaboration is Triggering a Retail and Service [R]evolution. *Journal of Retailing*, 2022, Vol. 98, Iss. 2, pp. 199–208. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jretai.2022.04.003>.
- Kiselev, I. P., Nazarov, O. N. New horizons for high-speed railway [Novie gorizonty vysokoskorostnogo zheleznodorozhnogo transporta]. *Zheleznodorozhnyi transport*, 2019, Iss. 3, pp. 67–73. The final part (for the beginning see *Zheleznodorozhnyi transport*, 2018, Iss. 10–12). [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37058008>. Last accessed 25.10.2022.
- Kiselev, I. P. High-speed railway transport: modern challenges and development prospects [Vysokoskorostnoi zheleznodorozhnyi transport: sovremennye vyzovy i perspektivy razvitiya]. *Zheleznodorozhnyi transport*, 2013, Iss. 8, pp. 63–73. The final part (for the beginning see *Zheleznodorozhnyi transport*, 2012, Iss. 11, Iss. 12, 2013, Iss. 2, Iss. 5, Iss. 6). [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20201931>. Last accessed 25.10.2022.

Information about the authors:

Sotnikov, Evgeny A., D.Sc. (Eng), Professor, Senior Researcher at JSC VNIIZhT, Moscow, Russia, info@vniizht.ru.
Shenfeld, Konstantin P., D.Sc. (Eng), Moscow, Russia, info@vniizht.ru.

Article received 07.11.2022, approved 09.12.2022, accepted 16.12.2022.





Obtaining Arctic Diesel Fuel for Reliable Operation of Vehicles in the Areas of the Far North and the Arctic



Elizaveta L. IOVLEVA



Mikhail P. LEBEDEV



Nadezhda A. FILIPPOVA

*Elizaveta L. Iovleva*¹, *Mikhail P. Lebedev*², *Nadezhda A. Filippova*^{1, 3}

¹ North-Eastern Federal University in Yakutsk, Yakutsk, Russia.

² Yakutsk Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia.

³ Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Russia.

✉ ³ umen@bk.ru.

ABSTRACT

In the Republic of Sakha (Yakutia) there are many winter roads for transportation of food and essential goods. As a rule, vehicles are running on a diesel fuel on such roads. Despite the difficulties in operating diesel vehicles under extremely low temperatures, diesel vehicles are much more powerful and economical than gasoline ones. Problems with start and operation of a diesel engine are associated with low-temperature properties of diesel fuel. The process involved in refining oil to create a winter class diesel fuel is expensive and complex because paraffinic hydrocarbons must be removed.

Therefore, today it is important to produce winter classes of diesel fuel by compounding a pour point depressant and a summer class of fuel. When using additives, problems arise with the choice

of their concentration. Those limits that the manufacturer recommends in real life show a negative result.

There is no wide range of those additives in Yakutia so the authors chose for experiments Dewaxol additives that diminish sedimentation during fuel transportation. So, during the study of the impact of Dewaxol additive, that contained amides and imides of mono- and dicarboxylic acids on the diesel fuel, it was considered how, at various concentrations of the additive and the heating temperature of fuel, the cloud point decreases, and sedimentation stability improves. The least squares method has allowed describing optimal concentration of pour point depressant. The study resulted in the conclusion that the fuel with a high content of depressant-dispersant additive has the best sedimentation stability.

Keywords: motor transport, diesel engine, winter diesel fuel, depressant-dispersant additives, cloud point, sedimentation stability.

For citation: Iovleva, E. L., Lebedev, M. P., Filippova, N. A. Obtaining Arctic Diesel Fuel for Reliable Operation of Vehicles in the Areas of the Far North and the Arctic. World of Transport and Transportation, 2022, Vol. 20, Iss. 6 (103), pp. 134–137. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-2>.

The text of the article originally written in Russian is published in the first part of the issue.
Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

INTRODUCTION

The Republic of Sakha (Yakutia) occupies the vast territory of the North-East of the Russian Federation. Many settlements are located in the Far North area. The complex transport and logistics system of the Republic involves delivery of vital and essential goods in summer by navigation, and in winter by snow-and-ice roads.

Large trucks, special road construction vehicles are equipped with an internal combustion engine running on diesel fuel. Diesel vehicles are used off-road in the Far North due to their powerful and easily controlled traction [1].

The use of low-quality diesel fuel affects performance of equipment in the North, for example, in case of unsatisfactory quality, the fuel complicates the operation of the high-pressure fuel pump and significantly increases fuel consumption. Therefore, the problem arises of improving performance of diesel fuel in the cold period [2].

Starting a diesel engine in winter is complicated by negative temperatures, which affect solidification and turbidity of fuel [3]. The low temperature properties of diesel fuel are characterised by formation and growth of *H*-paraffin crystals, which affects operation of filter elements, fuel line and fuel tank. As world experience shows, the most cost-effective and less energy-consuming is the use of depressant additives, the use of which is reflected in the works of the authors [4–15].

The most important point in the use of additives is to determine optimal concentration of the additive.

The *objective* of the study described in the article was to determine optimal concentration of Dewaxol 7801 pour point depressant converting summer diesel into winter diesel fuel.

RESULTS

Materials and Methodology

Dewaxol 7801 contains copolymers and surface active substances (surfactants, SAS). The concentrations of the Dewaxol 7801 additive for the study were taken in the following volume: 0,05 % wt., 0,1 % wt., 0,2 % wt. The technology of compounding the additive with fuel was as follows: fuel was heated to 40, 50, 60°C, the additive to 30°C, and components were mixed in a mixer with a bowl.

A total of nine samples were prepared:

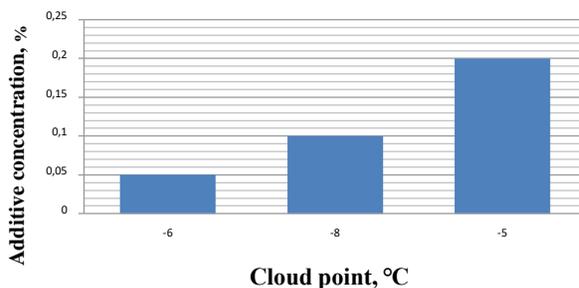
- Sample № 1. Additive concentration 0,05 % wt., diesel temperature 40°C.
- Sample № 2. Additive concentration 0,1 % wt., diesel temperature 40°C.
- Sample № 3. Additive concentration 0,2 % wt., diesel temperature 40°C.
- Sample № 4. Additive concentration 0,05 % wt., diesel temperature 50°C.
- Sample № 5. Additive concentration 0,1 % wt., diesel temperature 50°C.
- Sample № 6. Additive concentration 0,2 % wt., diesel temperature 50°C.
- Sample № 7. Additive concentration 0,05 % wt., diesel temperature 60°C.
- Sample № 8. Additive concentration 0,1 % wt., diesel temperature 60°C.
- Sample № 9. Additive concentration 0,2 % wt., diesel temperature 60°C.

Table 1

Cloud point of diesel fuel with Dewaxol depressant-dispersant additive 7801 at fuel heating temperatures up to 40 °C, 50 °C, 60 °C [performed by the authors]

Additive concentration, % wt.	Temperature of fuel preheating		
	40°C	50°C	60°C
Cloud point of fuel, °C			
0,05	-6		
0,1	-8		
0,2	-5		
0,05		-9	
0,1		-10	
0,2		-7	
0,05			-10
0,1			-12
0,2			-11





Pic. 1. Graph of the correlation dependence of cloud point on concentration of Dewaxol 7801 of samples 1, 2 and 3 [performed by the authors].

Sedimentation was measured by the method of long-term determination of sedimentation stability.

Experimental Part of the Study

For the experimental part of the study, we took summer diesel fuel, which consisted of 25 % paraffinic, 50 % naphthenic, 15 % aromatic hydrocarbons.

The results of testing samples of diesel fuel with Dewaxol 7801 are shown in Table 1.

The graphs 1–3 show that the maximum cloud point depressant effect is achieved at 0,1 % wt. of Dewaxol 7801 additive in diesel fuel, and it is of interest that such a reaction occurs in all heated samples. But the cloud point was especially reduced when diesel fuel was heated to 60°C.

When determining sedimentation stability during long-term storage, fuel samples with an additive concentration of 0,05 % wt. and 0,1 % wt. showed stratification of fuel. Moreover, the heating temperature of the fuel did not affect the stability. The best sedimentation stability was shown by fuel samples with an additive concentration of 0,2 % wt.

DISCUSSION

Studies have shown that with an increase in concentration of the additive, sedimentation stability improves. The reason for this behaviour

is that the dispersant allows the *H*-paraffins to be suspended.

During the study, a regularity was observed: with an increase in heating temperature of fuel, the cloud point temperature decreased as much as possible. This behaviour of the fuel can be explained by the principle of action of the additive. The depressant molecule prevents convergence, crystallisation and increase in the size of *H*-paraffins [6]. In the heated fuel, the paraffins completely dissolved and therefore received the maximum depressant effect.

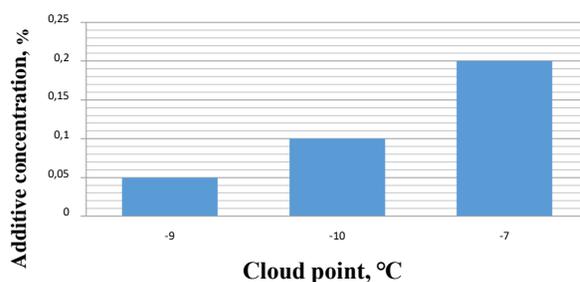
This can also be explained by the fact that high density and viscosity of the depressant-dispersant additive in well-heated fuel decreased even though the additive was also heated to 30°C, and as a result, good compounding of the additive with the fuel was obtained.

Therefore, the cloud point temperature decreased as much as possible at a fuel heating temperature of 60°C, when the paraffins were maximally dissolved.

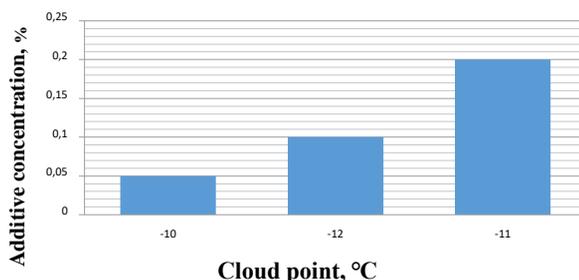
The dispersant molecule contains a long hydrocarbon functional group, which forms an electric charge on the surface of newly formed crystals; subsequently, these molecules repel each other.

CONCLUSIONS

Based on the foregoing, it can be concluded that the maximum depressant effect is achieved



Pic. 2. Graph of the correlation dependence of cloud point on concentration of Dewaxol 7801 of samples 4, 5 and 6 [performed by the authors].



Pic. 3. Graph of the correlation dependence of cloud point on concentration of Dewaxol 7801 of samples 7, 8 and 9 [performed by the authors].

at a fuel heating temperature of 60°C, the concentration of the additive at which it is possible to obtain a decrease in the cloud point is 0,1 % wt., the sedimentation stability of the fuel is achieved at a high additive concentration of 0,2 % wt.

REFERENCES

- Iovleva, E. L., Kirikova, N. V., Borisov, A. A., Stepanov, P. A. The impact of the quality of diesel fuel on the efficiency of engines. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, Vol. 632 (1), 012002. DOI: 10.1088/1757-899X/632/1/012002.
- Iovleva, E. L. Use of a depressant-dispersant additive during storage of diesel fuel. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 990, 2022, 012003, 6 p. DOI: 10.1088/1755-1315/990/1/012003.
- Ramazanov, Y. B. Depressor additive for oil pumping. *Chemical Problems*, 2021, Iss. 3 (19), pp. 143–149. DOI: 10.32737/2221-8688-2021-3-143-149.
- Kondrasheva, N. K., Ereemeeva, A. M., Nelkenbaum, K. S. Development of domestic technologies of producing high quality clean diesel fuel. *ChemChemTech*, 2018, Vol. 61 (9–10), pp. 76–82. DOI: 10.6060/ivkkt.20186109-10.5651.
- Kondrasheva, N. K., Kondrashev, D. O., Ereemeeva, A. M. Obtaining and examining biodiesel fuel based on corn oil and butyl alcohol. *Academic Journal of West Siberia*, 2014, Vol. 10 (251), p. 24. [Electronic resource]: <https://s2.siteapi.org/2272b53cc9c3a55/docs/cxsit1q03sgso0gc8oko8s4w00ksog>. Last accessed 24.10.2022.
- Ereemeeva, A. M. Development and research of ecologically pure diesel fuel with additives and bioadditives. *Koncept scientific and methodological e-journal*, 2016, Vol. 11, pp. 1861–1865. [Electronic resource]: <http://e-koncept.ru/2016/86399.htm>. Last accessed 24.10.2022.
- Litvinets, I. V., Prozorova, I. V., Yudina, N. V., Kazantsev, O. A., Sivokhin, A. P. Effect of ammonium-containing polyalkyl acrylate on the rheological properties of crude oils with different ratio of resins and waxes. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2016, Vol. 146, pp. 96–102. DOI: 10.1016/j.petrol.2016.04.026.
- Mustafaev, N. P., Efendieva, K. K., Akchurina, T. K. Synthesis of 2-Sulfanylidene-1,3-thiazolidin-4-one Derivatives. *Russian Journal of Organic Chemistry*, 2017, Vol. 53 (12), pp. 1860–1863. DOI: 10.1134/S1070428017120132.
- Novotorzhina, N. N., Sujayev, A. R., Gahramanova, G. A., Safarova, M. R., Ismailov, I. P., Musayeva, M. A., Mustafayeva, Y. S. Unsymmetrical disulphides as additives to transmission oils. *Kimya Problemleri*, 2022, Vol. 20 (3), pp. 264–270. DOI: 10.3273/2221-8688-2022-3-264-270. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49367714>. Last accessed 20.02.2023.
- Wahlen, C., Blankenburg, J., Von Tiedemann, P., Ewald, J., Sajkiewicz, P., Müller, A. H., Frey, H. Tapered multiblock copolymers based on farnesene and styrene: impact of biobased polydiene architectures on material properties. *Macromolecules*, 2020, Vol. 53 (23), pp. 10397–10408. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.macromol.0c02118>.
- Iovleva, E. L. Reducing Diesel Fuel Depression Using a Depressor-Dispersing Additive. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, Vol. 666 (4), 042019. DOI: 10.1088/1755-1315/666/4/042019.
- Loizzo, M.R., Tundis, R., Conforti, F., Saab, A. M., Statti, G. A., Menichini, F. Comparative chemical composition, antioxidant and hypoglycaemic activities of *Juniperus oxycedrus*. *Food Chemistry*, 2007, Vol. 105 (2), pp. 572–578. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.04.015.
- Zhirnov, B. S., Khairudinov, I. R., Sidracheva, I. I. Selection of catalyst for butanolysis of rapeseed oil triglycerides [Podbor katalizatorov dlia provedeniya butanoliza triglitseridov rapsovogo masla]. *Oil refining and petrochemistry [Neftepererabotka i neftekhimiya]*, 2009, Iss. 1, pp. 40–42.
- Iovleva, E. L., Lebedev, M. P. Definition of the depressant concentration in the composition of diesel fuel derived from Talakon oil [Opredelenie kontsentratsii depressornoj prisadki v sostave dizelnogo topliva, poluchennogo iz talakonskoi nefti]. *Khimicheskaya tekhnologiya*, 2016, Vol. 17, Iss. 6, pp. 251–255. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26189875> [limited access for subscribers].
- Iovleva, E. L., Zakharova, S. S., Popova, L. I. The prospects of improving the low-temperature characteristics of diesel fractions. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2013, Vol. 2, Iss. 2 (71), pp. 116–120. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20313133>. Last accessed 17.10.2022. ●

Information about the authors:

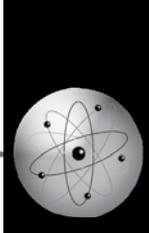
Iovleva, Elizaveta L., Ph.D. (Eng), Associate Professor, Head of the Department of Machine Engineering of North-Eastern Federal University in Yakutsk, Yakutsk, Russia, elizaveta-iovleva@yandex.ru.

Lebedev, Mikhail P., D.Sc. (Eng), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, General Director of Federal Research Centre «Yakutsk Scientific centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», Yakutsk, Russia, m.p.lebedev@prez.ysn.ru.

Filippova, Nadezhda A., D.Sc. (Eng), Professor of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow; Professor of North-Eastern Federal University in Yakutsk, Yakutsk, Russia, umen@bk.ru.

Article received 24.10.2022, approved 05.12.2022, accepted 12.12.2022.





ORIGINAL ARTICLE

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-3>

Additional Criteria of Change of Curvature and Temperature of Rails for Monitoring the Pre-Failure State of a Continuous Welded Rail in Plan

*Vitaly V. Atapin*

Samara State Transport University, Samara, Russia.

✉ atapin@samgups.ru.

Vitaly V. ATAPIN

ABSTRACT

The article discusses proposals referring to a new way to control the state of a continuous welded rail.

The main factors that have the greatest impact on the state of a continuous welded rail are displacement of rail and the state of a continuous welded rail in plan. This group of factors describes the temperature-stressed nature of operation of a continuous welded rail. Evaluated factors determining the properties which prevent displacement include the state of rail fastenings, the width of the shoulder of the ballast prism, the presence of hanging and unsupported sleepers, and fullness of the ballast cribs, space between the sleepers.

The combination of these factors makes it possible to identify a complex coefficient with a high degree of reliability to assess the pre-failure state of a continuous welded rail associated with the risk of loss of stability of a continuous welded rail, the degree of danger of violation of train traffic safety.

In order to assess the state of a continuous welded rail and the degree of its deterioration, the paper presents evaluation criteria. They allow getting a comprehensive picture of the state of any

section of a continuous welded rail based on the results of its inspection by diagnostic tools and creating a list of recommendations to eliminate the identified violations.

The paper highlights also the shortcomings of the existing methodology for assessing the state of a continuous welded rail in plan, which is based on the analysis of changes in the curvature of welded rails in plan in time. The retrospective analysis carried out by the author shows that there are cases of a sharp change in the state of a continuous welded rail in plan, which are currently not considered by the existing evaluation criteria. To increase detectability of such sections of a continuous welded rail, it is proposed to supplement the existing algorithm with additional evaluation criteria referring to changes in curvature of welded rails and in rail temperature, which allow timely identification of the places of a sharp change in the state in plan.

Subsequent studies are suggested to establish the relationship between the rail temperature and the sites of a sharp change in the state of a continuous welded rail in plan.

Keywords: railways, pre-failure state, curvature, control and analysis of pre-failure state of continuous welded rail, temperature stresses, ranking matrix, continuous welded rail, coefficient.

For citation: Atapin, V. V. Additional Criteria of Change of Curvature and Temperature of Rails for Monitoring the Pre-Failure State of a Continuous Welded Rail in Plan. World of Transport and Transportation, 2022, Vol. 20, Iss. 6 (103), pp. 138–146. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-3>.

The text of the article originally written in Russian is published in the first part of the issue.
Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

INTRODUCTION

In the world practice of railway operation, the design of a continuous welded rail is considered as one of the advanced structures of the track superstructure, which is confirmed by the accumulated experience and its advantages. In the existing realities, it can work under almost any operational and climatic conditions¹.

These advantages of the design of a continuous welded rail have allowed to ensure a constant increase in the rate of railway network with continuous welded rails as compared with traditional jointed track. The extension of the part of the network where continuous welded rails are laid is associated with implementation of the following tasks²:

- Improvement of working conditions of the railway track and rolling stock.
- Increasing the service life of the railway track structure and enhancing reliability of its operation.
- Improvement of technical and economic performance of the railway track.
- Ensuring smooth running of rolling stock.
- Reduction in the number of shock-dynamic zones, thus contributing to the improved operation of automatic centralised traffic control and interlocking systems.

To date, the length of continuous welded rails makes up more than 75 % of the total length of main tracks in Russia. This fact indicates that the entire network of JSC Russian Railways has switched to operation of the track of this design.

Many postulates and assumptions that have been accepted since the time of the first laying and initial operation of a continuous welded rail are still used today. As a rule, these principles were based on little experience of operating a continuous welded rail, as well as on insufficient knowledge and outdated approaches to its maintenance. One of the main drawbacks inherent in maintenance of a continuous welded rail is manifested in terms of diagnosing its actual

¹ Instructions for design, laying, maintenance, and repair of a continuous welded rail, approved by order of JSC Russian Railways dated December 14, 2016, No. 2544/r. [Electronic resource]: <https://tgarantproekt.ru/Documents/2544r%20Инструкция%20по%20устройству%2C%20укладке%2C%20содержанию%20и%20ремонту%20бесстыкового%20пути.doc>. Last accessed 27.12.2022.

² Strategy of scientific and technical development of Russian Railways holding company for the period up to 2025 and an outlook up to 2030 (White Book), approved by order of JSC Russian Railways dated April 17, 2018, No. 769/r. [Electronic resource]: http://cipi.samgtu.ru/sites/cipi.samgtu.ru/files/belaya_kniga.pdf. Last accessed 27.12.2022.

state. As a result, not all the features of this design, especially those related to the temperature regime of its operation, are fully taken into account.

As it is known, besides failures caused by the actual geometry of the rail track, as well as the defects in the elements of the track superstructure, the change in temperature of welded rails during operation can also cause failures due to poor quality maintenance and diagnosis of the state of a continuous welded rail. Examples of such failures as «buckling», «longitudinal displacement», «track shift» are presented below. Such failures are usually classified as dangerous and are associated with the loss of stability of the assembled rails and sleepers. Besides, there may be also failures associated with formation of rail defects, rail breakage.

In this regard, the *objective* of this work is to develop and improve a method for determining the state of a continuous welded rail. Main research methods were those of comparison, direct measurements, and observation.

RESULTS

History of Development of Methods of Identifying Stability of Continuous Welded Rail

The analysis has shown that the initial methods for determining stability of a continuous welded rail appeared in 19th century. At that time, all the developed methods were aimed at studying a certain stage of the operation of the structure, and most of which were carried out empirically.

The starting point for theoretical studies of stability of a continuous welded rail is considered to be 1913 [1]. Subsequently, already existing methods continued to develop and new methods for determining stability of a continuous welded rail appeared, for the most part based on the calculation of critical forces in welded rails:

- Energy method.
- Method of differential equilibrium equations.
- Simulation modelling method.

One of the most modern ways to determine the state of a continuous welded rail is the finite element method (FEM), which, despite the complexity of creating a model, has a high accuracy of the results and the possibility of their graphic visualisation [2].

It should be noted that in recent years, a completely new method for assessing stability of a continuous welded rail, obtained from the



data of diagnostic tools, has acquired special significance. It is based on the analysis of changes in the pre-failure state of a continuous welded rail [3].

This method in Russia was born thanks to the joint research of experts from INFOTRANS Research and Production Centre and JSC VNIIZhT, which resulted in the development of the Methodology for monitoring and assessing the state of a continuous welded rail based on data obtained from the results of measurements by track measuring equipment equipped with subsystems for monitoring stability of a continuous welded rail, initially intended for experimental application³.

Based on the results of practical testing, the methodology was improved, re-approved and validated for permanent operation in 2017 (later it was further amended)⁴. Its implementation was supported by the developed software «Comprehensive analysis of the pre-failure state of a continuous welded rail» (CAPS CWR), which was installed at all sectors of the continuous welded rail of infrastructure directorates [4].

The Existing Algorithm of Assessment of the State of Continuous Welded Rail in Plan

The CAPS CWR software was based on the data regularly received from diagnostic tools and accumulated in RCDM (regional centre of diagnostics and monitoring of infrastructure equipment) and track divisions, and information and analytical databases. However, among the variety of data obtained, to solve the problem of reliably identifying problem areas of a continuous welded rail, it turned out to be necessary to identify the most significant factors for subsequent evaluation. The factors were classified according to the following principle:

- Identification and evaluation of thermal stresses in welded rails.
- Identification and evaluation of the holding properties of the assembled rails and sleepers as

³ Methodology for monitoring and assessing the state of a continuous welded rail based on data obtained from the results of measurements by track measuring equipment equipped with subsystems for monitoring stability of a continuous welded rail, approved by order of JSC Russian Railways No. 3120r dated December 25, 2014.

⁴ Methodology for monitoring and assessing the state of a continuous welded rail based on data obtained from the results of measurements by track measuring equipment equipped with subsystems for monitoring stability of a continuous welded rail, approved by order of JSC Russian Railways dated October 17, 2017 No. 2115/r [limited access].

of several factors that as a rule try to hold the rails and sleepers and, in the presence of thermal stresses, weaken.

The first group of factors includes: rail longitudinal displacement (rail creep) and the state of a continuous welded rail in plan. Indirectly, and not directly, by analysing and evaluating these factors, according to the Methodology, sections of a continuous welded rail with thermal stresses are identified. To analyse and develop the coefficients characterising longitudinal displacement (rail creep, C_{cr}) and the state of a continuous welded rail in plan (C_{pl}), the following initial parameters are used: displacements on the «reference» sleepers and curvature of the right and left welded rails (Table 1).

The second group of factors includes those components that hold the assembled rails and sleepers in the longitudinal and transverse directions. These include (Table 1):

- Rail fastenings, the state of which is determined based on the analysis of changes in the unstable pattern.
- Shoulder width of the ballast prism, which is controlled according to the geometric dimensions of the ballast prism [5].
- Ballast crib fullness rate, determined by the presence of ballast in the space between sleepers.
- The presence of unsupported and hanging sleepers, diagnosed by calculating the gaps in the space under the sleepers according to natural irregularities in vertical plane.

The main «technical markers» of problems that show the existence of thermal stresses in a particular section of the welded rails are factors related to the first group. In case of their occurrence and growth over time, there is a threat of accumulation of thermal stresses.

The combination of these indicators with irregularities revealed during the diagnostics of the second group of factors, especially within a small (6–9 m) section, can lead to a violation of transverse stability of a continuous welded rail and subsequent failure [6–7].

The analysis and evaluation of all factors results in determination of the complex coefficient (C_c), which shows the state of the assembled rails and sleepers in terms of formation of a failure due to loss of stability (Pic. 1).

When determining the complex coefficient of the pre-failure state of a continuous welded rail for factors that characterise the holding properties, scale and weight indicators are

Table 1

Factors assessed in CAPS CWR [developed by the author]

Factors characterising the presence of thermal stresses in welded rails		Factors characterising the holding properties of the assembled rails and sleepers	
Factors	Initial assessment parameter	Factors	Initial assessment parameter
1. The state of a continuous welded rail in plan	Curvature of the right and the left welded rails	1. Holding properties of rail fastenings	Unstable pattern
		2. The presence of hanging and unsupported sleepers	Natural irregularities in vertical plane
2. Rail creep	Displacements at «reference» sleepers	3. Assessment of the shoulder width of the ballast prism	Geometric dimensions of the shoulder width of the ballast prism
		4. Fullness of ballast cribs	Ballast crib fullness rate

considered. The formula for determining the complex coefficient is as follows:

$$C_c = \max(C_{cr}, C_{pl}) + c_{scale} (c_{wfast} \cdot C_{fast} + c_{wbpr} \cdot C_{bpr} + c_{wbsl} \cdot C_{bsl} + c_{wbcrl} \cdot C_{bcrl}), \quad (1)$$

where c_{scale} is scale coefficient, taken equal to 0,25.

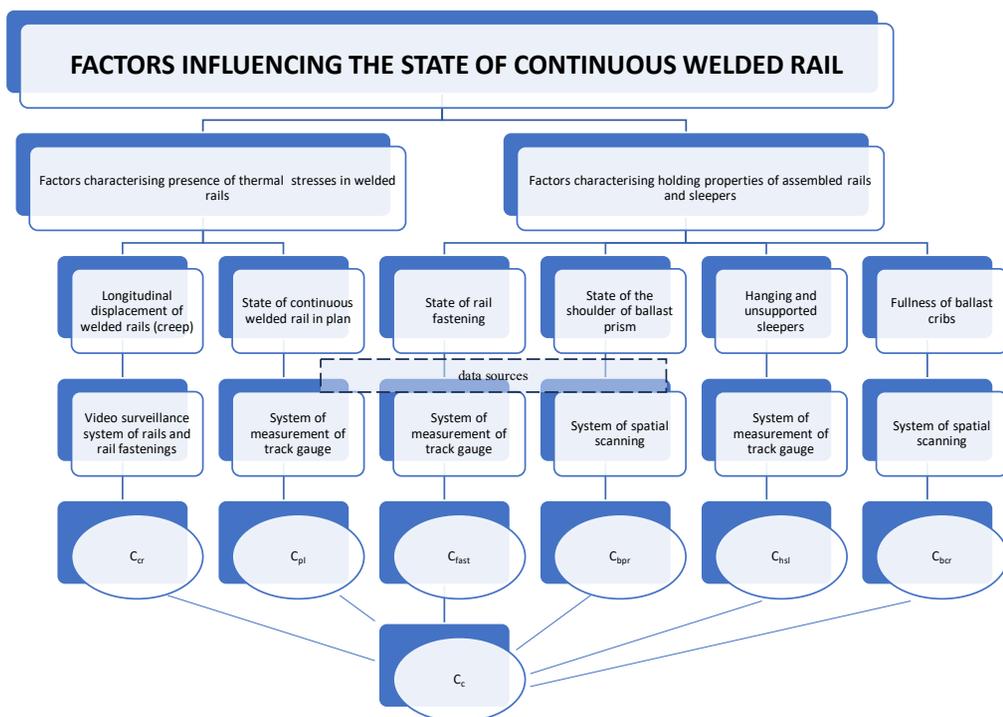
c_{wfast} , c_{wbpr} , c_{wbsl} , c_{wbcrl} are weight coefficients that take into account the share of influence of each of the factors belonging to the second group on the total complex coefficient. Their values are assumed as $c_{wfast} = 0,1$; $c_{wbpr} = 0,4$; $c_{wbsl} = 0,3$; $c_{wbcrl} = 0,2$.

In addition to the value of the complex coefficient the CAPS CWR software also determines the value of the buckling probability

V_2 , which characterises the risk of a continuous welded rail failure due to the second critical state.

The assessment of these indicators is carried out based on the threshold values given in the table of states for indicators V_2 and C_c (Table 2). When assessing, the state of each section of the continuous welded rail is analysed and the final ranking matrix per each distance between train milestones is formed (Pic. 2). It reflects the overall integral assessment of a given structural division with an indication of the number of distances between train milestones in a particular state [8].

The traffic is closed for distances between train milestones with impermissible state.



Pic. 1. Algorithm for determining the complex coefficient of pre-failure state of a continuous welded rail [developed by the author].



Ranking matrix based on the comprehensive assessment of pre-failure state of the track

Track state	Check working			
	G < 30	30 ≤ G < 50	50 ≤ G < 70	G ≥ 70
Impermissible				
Pre-failure	8			
Undesirable	15	1		
Permissible	50	8		
Not taken into account	2031	31		
Total distances	2146	40		

Pic. 2. An example of a ranking matrix by C_c [developed by the author].

The ranking matrix, depending on the value of the complex coefficient, provides a detailed description for each of the distances between train milestones, including data on all indicators, as well as information about a distance’s attributes, track plan, traffic density, and speed (Pic. 2). Based on the data available in the ranking matrix, the necessary measures are undertaken purposed to restore the state of the continuous welded rail and ensure its stability.

As noted above, one of the key factors that plays a major role in the process of monitoring the thermal-stress state of a continuous welded rail is determining of the dynamics of changes in welded rails in plan.

According to the existing algorithm embedded in the CAPS CWR software the control of the state of welded rails in plan is carried out by measuring changes in their curvature with modern diagnostic tools [9].

The essence of this algorithm is as follows:

1. After measuring the curvature of welded rails in plan in the CAPS CWR program, the curvature (ρ) is formed in the range of 6–9 m, i.e., within the buckling risk range.

2. Next, a local section is determined, symbolising the presence of thermal stresses by fixing the curvature growth for each welded rail separately in the selected assessed section. As a site of assessment, as a rule, a distance between train milestones (hereinafter referred to as DTM) or a welded rail is taken [3].

3. Then, the calculation of the temperature equivalent characterising the change in the state of the continuous welded rail in plan (Δt_{pl}), and formation of intensity of change of this temperature equivalent ($\Delta \Delta t_{pl(i)}$) is performed, as the difference between the value obtained in the current check ($\Delta t_{pl(cur)}$), and minimal ($\Delta t_{pl(min)}$) over the last six months of observation (Pic. 3).

Table 2

Assessment criteria for the values of V_2 and C_c [4]

Criterion name	Indicator value						
	not taken into account	permissible	undesirable		pre-failure*		impermissible
			$V_{set} = 140$ km/h and less	$V_{set} = \text{more than } 140$ km/h	$V_{set} = 140$ km/h and less	$V_{set} = \text{more than } 140$ km/h	
Complex coefficient of the pre-failure state of a continuous welded rail, C_c	$C_c < 1.5$	$1.5 \leq C_c < 2$	$2 \leq C_c < 3$	$2.5 \leq C_c < 2.5$	$3 \leq C_c < 5$	$2.5 \leq C_c < 5$	$C_c \geq 5$
Probability of buckling of the section of a continuous welded rail, V_2 , %	$V_2 < 5$ less than 5	$5 \leq V_2 < 10$	$10 \leq V_2 < 18$	$10 \leq V_2 < 14$	$18 \leq V_2 < 34$	$14 \leq V_2 < 34$	$V_2 \geq 34$

*Note: when a pre-failure condition occurs:

- for distances between train milestones with values $3 \leq C_c < 4$, the speed is limited to 60 km/h;
- for lines with a set speed of more than 140 km/h for distances between train milestones having values $2.5 \leq C_c < 3$, speed is limited to 120 km/h;
- for distances between train milestones with values $4 \leq C_c < 5$, the speed is limited to 25 km/h.

4. Determination and assessment of the pre-failure condition coefficient is carried out, showing the stability of the continuous welded rail in plan (C_{pl}). Assessment of the coefficient C_{pl} is performed according to the current criteria, which are shown in Table 2.

It is noteworthy that the entry into force of speed limitations and the work on the discharge of thermal stresses or their adjustment at the identified distances and distances closest to them, as well as the performance of other related works, begin when the complex coefficient $C_c \geq 3$ is detected.

As noted earlier, a formation of an unfavourable complex coefficient is highly influenced by the factors related to the first group (rail creep and the state of a continuous welded rail in plan) [10; 11]. If information is available on both indicators, to determine the complex coefficient, the one that characterises the worst condition is taken into account.

In case of C_{pl} coefficient, formation of a complex coefficient symbolising a pre-failure (value of 3 or more with $V_{set} = 140$ km/h or less, and 2,5 or more with $V_{set} =$ more than 140 km/h) or an unacceptable state (value of 5 or more) is possible in the following scenarios.

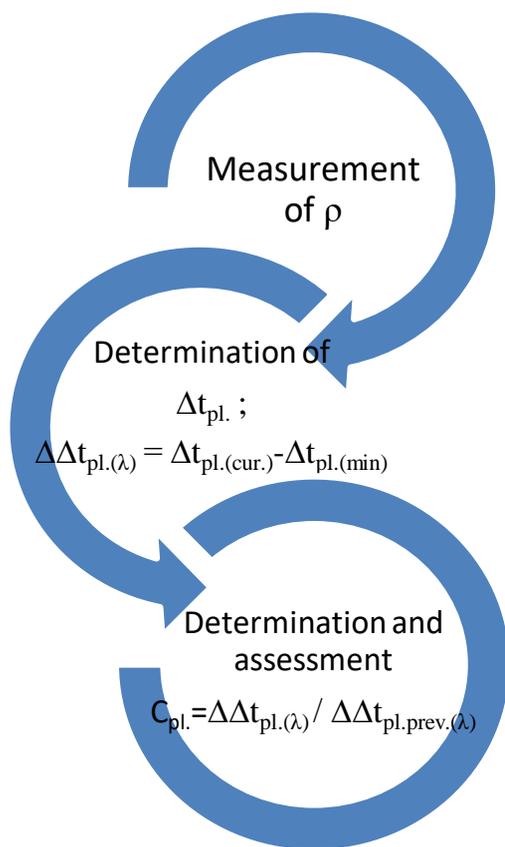
Scenario No. 1. The state of a continuous welded rail in plan, that is, a change in curvature of welded rails in the range of 6–9 m, occurs quite abruptly (within two adjacent checks) (Pic. 4, a).

Scenario No. 2. The state of a continuous welded rail in plan, that is, a change in curvature of welded rails the range of 6–9 m, occurs smoothly over a long period of time (Pic. 4, b).

Consideration of Additional Factors

The existing algorithm for estimating the state of a continuous welded rail in plan, implemented in the CAPS CWR software, in the considered scenarios does not always take into account cases of a sharp change in curvature in plan [12]. Descriptive are examples when the initial value of the coefficient C_{pl} has rather small values (as a rule, less than 0,5), and then there is a sharp increase, leading to an increase in the coefficient values that are less than those of the pre-failure state (less than 3 or 2,5, depending on the set speed). The manifestation of this growth is clearly displayed on the graph of the curvature of welded rails, obtained in the range of 6–9 m (Pic. 5).

For example, with the initial value of the coefficient $C_{pl} = 0,2$ (for control inspection in



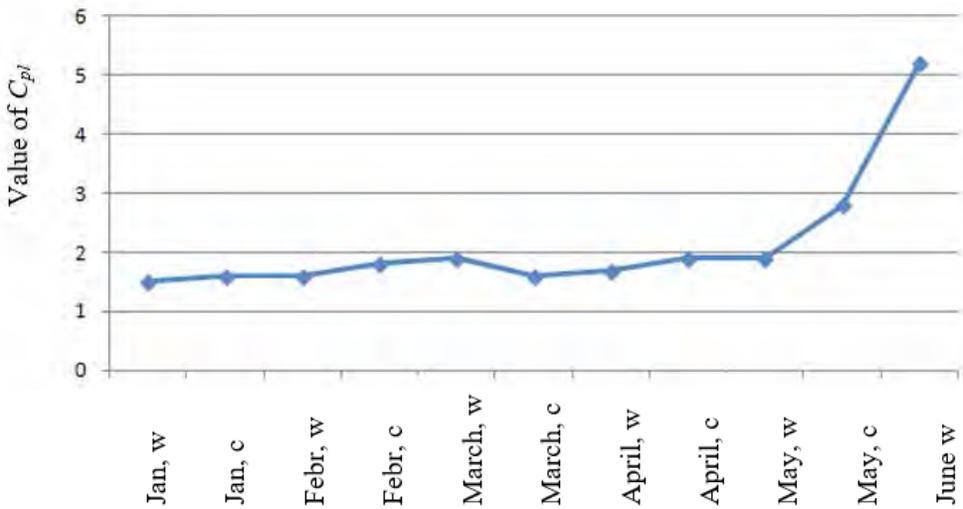
Pic. 3. Algorithm for determining the state of a continuous welded rail in plan [developed by the author].

May as shown in the graph in Pic. 6), the value of the coefficient during the next inspection changed to $C_{pl} = 2,8$ (June, current work inspection). According to the current assessment criteria, the value of $C_{pl} = 2,8$ (at $V_{set} < 140$ km/h) corresponds to an undesirable state and not to the inadmissible state and does not therefore require imposing speed limitations, as well as works related to the discharge of thermal stresses or their adjustment.

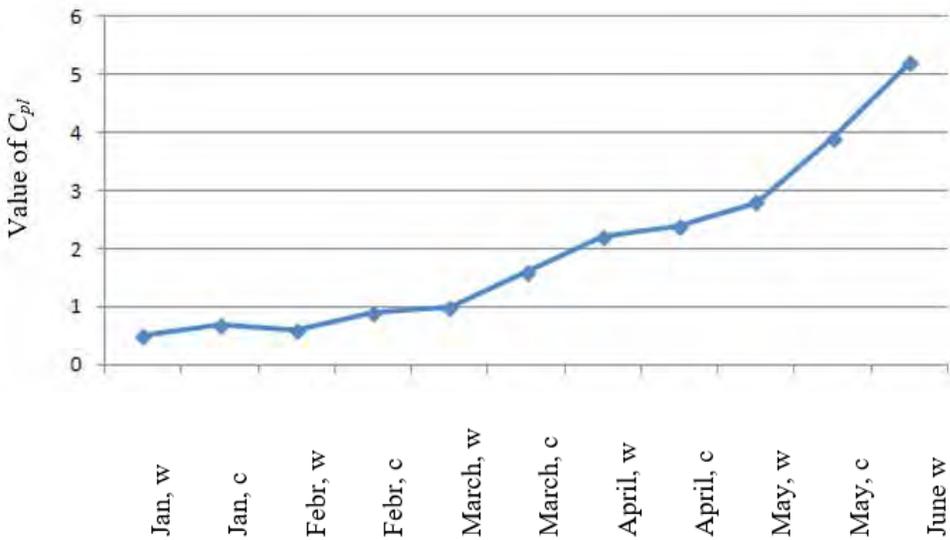
However, the change itself, equal to $\Delta C_{pl} = C_{pl.(cur.inspect.)} - C_{pl.(prev.inspect.)} = 2,8 - 0,2 = 2,6$, is significant and has happened during a short period of time, therefore it poses a risk of further growth, as well as the transition to a state that corresponds to the state preceding buckling, especially during the period of temperature increase (Pic. 6).

The statistical analysis carried out at the initial stage regarding individual cases, which are similar to the above example, has shown that these changes are indeed dangerous, and require additional control and can lead to a violation of train traffic safety [13].





a)



b)

Pic. 4. Scenarios for development of the state of a continuous welded rail in plan:
 a – scenario No. 1; b – scenario No. 2 (w – current work inspection; c – control inspection) [developed by the author].

SUGGESTIONS AND CONCLUSIONS

To increase rate of detection of such sections of a continuous welded rail, it is proposed to determine the places of a sharp change in curvature of welded rails in plan within the range of 6–9 m within the framework of successive track inspections, using the following formula:

$$\Delta C_{pl} = C_{pl.(cur.inspect)} - C_{pl.(prev.inspect)} \quad (2)$$

where $C_{pl.(cur.inspect)}$ – the value of the coefficient showing the pre-failure state rate during the current inspection;

$C_{pl.(prev.inspect)}$ – the value of the coefficient showing the pre-failure state rate during the previous inspection.

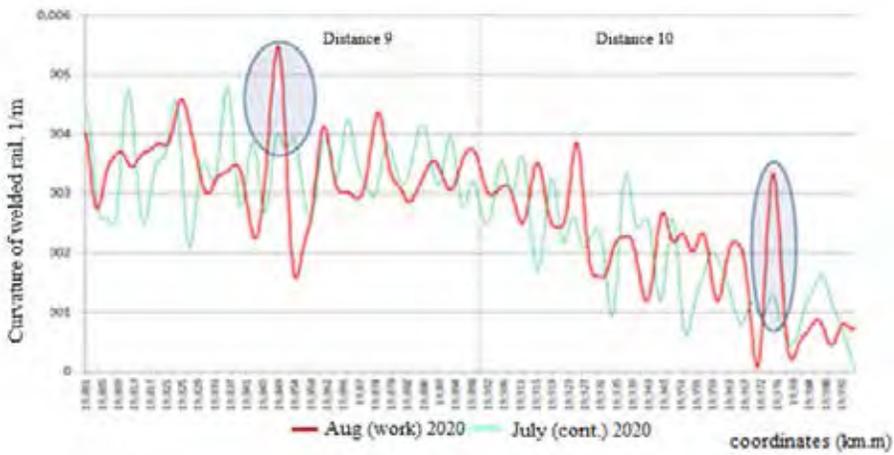
Additionally, it is proposed to consider changes in the temperature of rails, which were recorded by diagnostic tools at the time of measuring the curvature, during the above inspections, according to the formula:

$$\Delta t_r = t_{r(cur.inspect)} - t_{r(prev.inspect)} \quad (3)$$

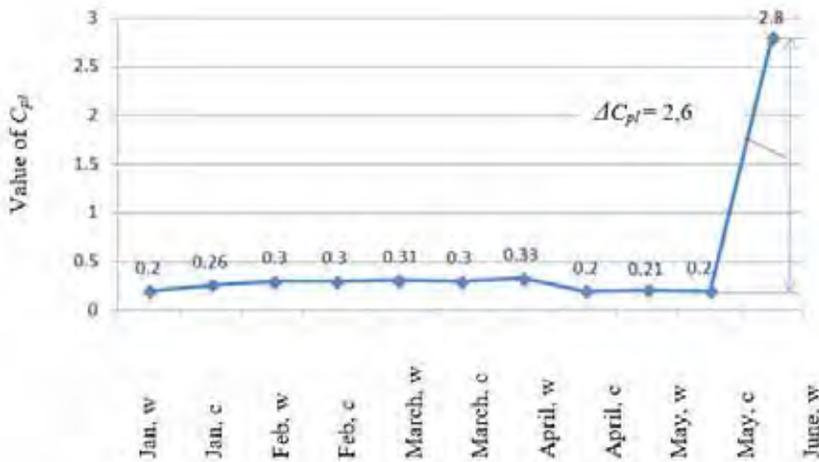
where $t_{r(cur.inspect)}$ – temperature of rails recorded at the moment of curvature measurement during the current inspection;

$t_{r(prev.inspect)}$ – temperature of rails recorded at the moment of curvature measurement during the previous inspection.

Determining threshold evaluation criteria is proposed to be performed on the basis of



Pic. 5. An example of a sharp change in curvature of a welded rail over time [developed by the author].



Pic. 6. An example of a sharp change in Cpl coefficient in time [developed by the author].



Pic. 7. Tree homing [developed by the author].



dependencies obtained in the course of research [14]:

$$f(\Delta C_{pt}; \Delta t), \quad (4)$$

To rank the obtained evaluation criteria and to make managerial decisions, it is advisable to use the tree homing (Pic. 7) [15; 16].

Thus, the use of additional assessment criteria will make it possible to timely identify sections of a continuous welded rail that pose a high risk of buckling due to a sharp change in the state in plan, especially during a period of rising temperatures.

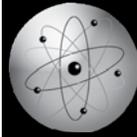
REFERENCES

1. Ammann & Gruenewaldt. Längskräfte im Eisenbahngleis. Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure, 2 Februar, 1929, Band 73, Nr. 5, S. 157–161. [Electronic resource]: <https://cybra.lodz.pl/dlibra/publication/23279/edition/20029/content>. Last accessed 28.11.2022.
2. Ovchinnikov, D. V. Aspects of determining stability of a continuous welded rail under the influence of rolling stock [Aspekty opredeleniya ustoychivosti besstykovogo puti pri vozdeistvii podvizhnogo sostava]. *Nauka i obrazovanie transportu*, 2019, Iss. 2, pp. 155–159. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43073342>. Last accessed 28.11.2022.
3. Atapin, V. V. Monitoring and assessment of the pre-failure state of a continuous welded rail in plan. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis [Kontrol i otsenka predoitkaznogo sostoyaniya puti v plane. Avtoreferat diss...kand.tekh.nauk]. Samara, SamGUPS publ., 2015, 22 p. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30417666>. Last accessed 28.11.2022.
4. Mikhalkin, I. K., Simakov, O. B., Sedelkin, Yu. A. [et al]. Certificate of state registration of the computer program No. 2018661607 Russian Federation. Comprehensive analysis of the pre-failure state of a continuous welded rail (CAPS BP): No. 2018619108: Appl. 28.08.2018; publ. 10.09.2018; applicant JSC Research and Production Center for Information and Transport Systems (JSC SPC INFOTRANS). [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39302209>. Last accessed 28.11.2022.
5. Jianxing, Liu; Zhiye, Liu; Ping Wang; Lei, Kou. Dynamic characteristics of the railway ballast bed under water-rich and low-temperature environments. *Engineering Structures*, 2021, Vol. 252 (3), 113605. DOI: 10.1016/j.engstruct.2021.113605. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47797482> [limited access].
6. Suslov, O. A., Sedelkin, Yu. A., Atapin, V. V. Analysis of stability of a continuous welded rail according to modern diagnostic tools [Analiz ustoychivosti besstykovogo puti po dannym sovremennykh sredstv diagnostiki]. *Put i putevoe khozyaistvo*, 2015, Iss. 11, pp. 22–28. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25000845> [limited access].
7. Nam-Hyoung, Lim; Nam-Hoi, Park; Young, Jong Kang. Stability of continuous welded rail track. *Computers & Structures*, 2003, Vol. 81 (22–23), pp. 2219–2236. DOI: 10.1016/S0045-7949(03)00287-6 [limited access].
8. Atapin, V. V., Ershov, V. V. Transversal stability of jointless track and its outputs. *Vestnik transporta Povolzhya*, 2013, Iss. 2 (38), pp. 80–87. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19423848>. Last accessed 28.11.2022.
9. Boronahin, A. M., Filatov, Y. V., Larionov, D. Y. [et al]. Measurement system for railway track condition monitoring. *Proceedings of the 2015 IEEE North West Russia Section Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference, ElConRusNW 2015*, St. Petersburg, February 02–04, 2015. St. Petersburg, 2015, pp. 155–158. DOI: 10.1109/EICConRusNW.2015.7102252 [limited access].
10. Akkerman, G. L., Mylnikova, M. A. Organisation of monitoring of the continuous welded railway stressed state. *Vestnik Uralskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya*, 2018, Iss. 2 (38), pp. 50–56. DOI: 10.20291/2079-0392-2018-2-50-56. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35310557>. Last accessed 28.11.2022.
11. Akkerman, G. L., Mylnikova, M. A. Control of temperature-stress state of welded rails, continuous welded rail track buckling, break and displacement by means of balise. *Vestnik Uralskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya*, 2017, Iss. 1 (33), pp. 28–34. DOI: 10.20291/2079-0392-2017-1-28-34. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28897304>. Last accessed 28.11.2022.
12. Atapin, V. V. Method for curvature averaging by deviations from standards of maintenance in plan. *Transport Urala*, 2012, Iss. 4 (35), pp. 64–68. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18294620>. Last accessed 28.11.2022.
13. Boronahin, A. M., Kukaev, A. S., Larionov, D. Y. [et al]. Application of regression analysis for data processing of inertial track monitoring system. *Proceedings of the 2016 IEEE North West Russia Section Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference, ElConRusNW 2016*, Saint Petersburg, February 02–03, 2016. – Saint Petersburg, 2016, pp. 151–155. DOI: 10.1109/EICConRusNW.2016.7448142 [limited access].
14. Atapin, V. V., Atapina, N. A. Risk management during the evaluation of continuous welded rails state. *Put i putevoe khozyaistvo*, 2019, Iss. 5, pp. 20–24. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39246832> [limited access].
15. Suslov, O. A., Mariichyuk, V. A., Ovchinnikov, D. V. Determination of the risk level of shift of the assembled rails and sleepers of a continuous welded rail [Opredelenie urovnya riska sdviga relsoshpalnoi reshetki besstykovogo puti]. *Vestnik transporta Povolzhya*, 2016, Iss. 6 (60), pp. 41–47. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27722533>. Last accessed 28.11.2022.
16. Pevzner, V. O., Grin, E. N. Improvement of track maintenance management system [Sovershenstvovanie sistemy upravleniya tekhnicheskim obsluzhivaniem puti]. *Zheleznodorozhnyi transport*, 2021, Iss. 2, pp. 54–59. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44665922> [limited access].

Information about the author:

Atapin, Vitaly V., Ph.D. (Eng), Director of the Institute of automation of information technologies and construction, Associate Professor at the Department of Track and Track Facilities of Samara State Transport University, Samara, Russia, atapin@samgups.ru.

Article received 27.11.2022, approved 27.12.2022, accepted 28.12.2022.



Analysis of the Relationship between Rail Cant and Track Gauge Based on the Data Obtained by Track Recording Cars



Damir I. GALLYAMOV



Dmitry V. OVCHINNIKOV

*Damir I. Gallyamov*¹,
*Dmitry V. Ovchinnikov*²

^{1,2} Samara State Transport University, Samara, Russia.

✉ ¹ d.gallyamov@samgups.ru.

ABSTRACT

The increase in the service life of track superstructure has always been an important task since this allows reduction in the cost of repairs and current maintenance of the track.

The objective of the work is to determine the mutual influence of the rail cant and the track gauge based on the results of measurements carried out by track recording cars, as well as their impact on the stress-strain state of the rail. The analysis was based on statistical and the finite element methods. Using statistical methods, it was determined that the rail cant and track gauge values do not have a normal distribution and have a weak feedback. The reasons were explained in the conclusions.

To determine with the finite element method contact stresses in the rail head on the track sections available in the sample, with

different combinations of rail cant and track gauge, a model with full geometric similarity was developed.

The results obtained from the calculations demonstrate that the deviation of the cant within the range from 1/15 to 1/30 leads to an increase in stresses by more than 20 %, while changing the track gauge has a weak effect on the stress-strain state of the rail head. The maximum increase in contact stresses, at the analysed section, was 97 %, with a cant of 1/990 and a track gauge of 1526 mm.

The growth of contact stresses leads to the formation of fatigue cracks and, as a consequence, to the defects and then to replacement of the rail. To increase the service life of the rails, it is recommended to monitor the condition of fasteners and compliance with the technology of current maintenance works, as well as to reconsider tolerance of the deviation of the cant both upward and downward.

Keywords: railway transport, track gauge, rail cant, wheel-rail contact, contact stresses, finite element method, rail service life.

Financial support: the article was written within the framework of research and development work «Influence of rail cant on the conditions of interaction of wheel and rail followed by the development of the device to define static angle of rail cant» (No. 122022200418–2).

For citation: Gallyamov, D. I., Ovchinnikov, D. V. Analysis of the Relationship between Rail Cant and Track Gauge Based on the Data Obtained by Track Recording Cars. World of Transport and Transportation, 2022, Vol. 20, Iss. 6 (103), pp. 147–154. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-4>.

The text of the article originally written in Russian is published in the first part of the issue.
Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

INTRODUCTION

The reduction in costs in track facilities is primarily associated with an increase in the service life of the elements of the track superstructure, which will significantly reduce the costs associated with current maintenance of the track and its repairs.

The most expensive element in the track superstructure is the rail, so increasing its service life is a priority. The analysis of the replacement of rails per types of defects showed that the appearance of a fracture in the rails is preceded by the appearance of defects of contact fatigue origin in the rail head, development of which depends on the level of the stress-strain state caused, among other things, by the processed tonnage [1].

The stress-strain state of the rail head depends on the position of the wheel relative to the rail, as well as on vertical and lateral forces acting on the rail from the rolling stock. The transfer of the load from wheels to rails takes place over a very

small site compared to the dimensions of wheels and rails. The material near this site is in a volumetric stress state. The distribution of these stresses, called contact stresses, is very complex and can be studied only by methods of the theory of elasticity [2].

The position of the wheel relative to the rail primarily depends on the track gauge and rail cant (Pic. 1).

The *objective* of the work is to determine the mutual influence of the track gauge and rail cant, the degree of their distribution and correlation, as well as their influence on the stress-strain state of the rail head.

MATERIALS AND METHODS

To determine the relationship between the track gauge and rail cant, statistical analysis methods were used, namely, frequency histograms and the calculation of the correlation coefficient. The calculation of the stress-strain state of the rail was carried out using the finite element method, for which a three-dimensional model of the interaction of the wheel and the rail was built with full compliance with geometric parameters and physical and mechanical properties of the material.

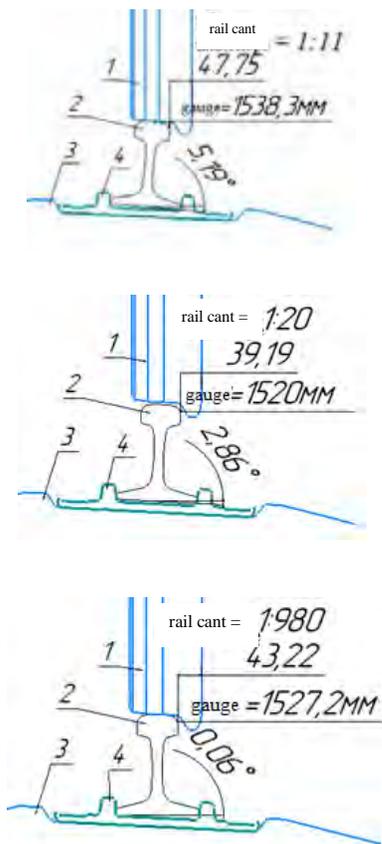
During the analysis, a section of the track 50 km long was considered. Data on the geometry of the rail track were obtained using ERA diagnostic complex, with a measurement interval of 20 cm. The sample excluded the sections of the track, where, due to the characteristics of the measuring equipment, it was impossible to fix the rail cant but only the track gauge.

The recording of the cant values was carried out along both left and right rails of the track, so, a more detailed geometry values of the contact between the wheel and the rail were obtained.

The sample comprised 255307 values, the general view of the data obtained is presented in Table 1. For a more accurate calculation, the values of the cant are transferred into the angle of inclination of the rail foot, relative to the plane of the sleeper foot.

The initial analysis of the data obtained showed that besides normal geometry of the track gauge (regular track gauge of 1520 mm, standard rail cant of 1/20) there were other situations:

- Broadening or narrowing of the track gauge with standard rail cant (1/20).
- Standard track gauge (1520 mm) with deviation of the rail cant upward (till 1/11) or downward (till 1/990).



Pic. 1. Influence of track gauge and rail cant on the position of the wheel on the rail.
1 – wheel; 2 – R65 rail; 3 – reinforced concrete sleeper; 4 – tie-plate [performed by the authors].

Table 1

General View of the Data Used for Analysis [performed by the authors]

Km	M	Cant of the left rail		Cant of the right rail		Track gauge, mm
		Inclination	Degrees	Inclination	Degrees	
1	0	1/28	2,045	1/20	2,862	1522,9
1	0	1/28	2,045	1/20	2,862	1522,8
1	1	1/28	2,045	1/19	3,013	1522,7
1	1	1/28	2,045	1/19	3,013	1522,6
1	1	1/28	2,045	1/19	3,013	1522,6
1	1	1/28	2,045	1/19	3,013	1522,5
1	1	1/28	2,045	1/19	3,013	1522,5
1	2	1/28	2,045	1/19	3,013	1522,4
1	2	1/28	2,045	1/19	3,013	1522,4
1	2	1/28	2,045	1/19	3,013	1522,3

• Broadening of the track gauge (> 1520 mm), deviation of the rail cant downward (till 1/990).

According to flow charts track gauge is adjusted by adjusting rail position in horizontal plain along the tie-plate without changing rail cant. Nevertheless, if there is a considerable lateral wear of the rail, such an adjustment does not allow attaining standard track gauge. If there is a case, the employees adjust the track gauge by changing rail cant. The third type of gauge deformation is caused by wear of the elements of intermediate fasteners, by weakening of the moment of tightening of the fasteners [3].

To test the hypothesis about the normal distribution of the rail cant and track gauge, the arithmetic mean, median, standard deviation (hereinafter SD), minimum and maximum values were determined (Table 2).

To test the hypothesis about the normality of the distribution of a random variable, indirect, graphical and computational methods are used.

Graphical methods include frequency histograms, normal probability plot and box plot. The calculation methods include the Kolmogorov–Smirnov criterion, the Shapiro–Wilk test, Pearson’s Chi-squared test, and others

[4]. This work used a graphical method of frequency histograms to test the hypothesis of normality of distribution of rail cant.

RESULTS

Comparison of Empirical and Theoretical Data

Frequency histograms were used to test the hypothesis of normality of distribution of rail cant by graphical method.

The construction of the histogram is carried out based on empirical and theoretical frequencies of sample values. The identification of frequencies is carried out at equal intervals of the sampling range. For rail cant, this interval is 0,235 degrees, for track gauge it is of 1 mm. Theoretical frequencies are determined from the density function of the normal law:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

where σ is standard deviation;

μ – mathematical expectation (median).

The results of determining the frequencies are presented in Table 3 and 4.

Based on the obtained data, frequency histograms were constructed (Pics. 2, 3, 4).

Table 2

Calculation of Mean Values, Median, Standard Deviation, Minimum and Maximum Values [performed by the authors]

Parameter	Cant of the left rail		Cant of the right rail		Track gauge, mm
	Inclination	Degrees	Inclination	Degrees	
Arithmetic mean	1/22	2,644	1/21	2,721	1522,53
Median	1/21	2,727	1/21	2,727	1522
SD		0,421		0,427	2,73
Minimum value	1/990	0,058	1/990	0,058	1516,3
Maximum value	1/12	5,194	1/11	5,194	1541,8



**Frequencies of Rail Cant along Both Rails within Specified Intervals
[performed by the authors]**

Intervals Empirical frequencies		Left rail		Right rail	
		Theoretical frequencies	Empirical frequencies	Theoretical frequencies	
1/195	1/990	764	0,01	593	0,00
1/108	1/195	714	0,18	621	0,07
1/75	1/108	652	3,10	467	1,07
1/57	1/75	622	37,64	452	12,46
1/46	1/57	864	317,88	705	105,84
1/39	1/46	1950	1868,74	1011	657,77
1/34	1/39	4112	7647,46	1860	2989,95
1/30	1/34	8365	21785,42	3472	9940,73
1/26	1/30	25234	43201,23	8191	24173,48
1/24	1/26	75992	59635,86	29127	42995,84
1/22	1/24	82380	57306,03	51430	55934,58
1/20	1/22	29982	38333,14	80699	53223,19
1/18	1/20	21196	17849,66	39755	37041,45
1/17	1/18	1670	5785,84	25040	18855,66
1/16	1/17	455	1305,52	11146	7020,40
1/15	1/16	193	205,06	508	1911,83
1/14	1/15	117	24,13	168	436,28
1/13	1/14	26	0,09	37	5,91
1/12	1/13	19	0,00	25	0,46

Table 4

**Frequencies of Track Gauge
within Specified Intervals
[performed by the authors]**

Intervals	Empirical frequencies	Theoretical frequencies
≤1517	48	8550,19
(1517; 1518)	1046	9678,56
(1518; 1519)	6415	16458,60
(1519; 1520)	20693	24508,99
(1520; 1521)	44701	31960,38
(1521; 1522)	56595	36496,79
(1522; 1523)	45953	36496,79
(1523; 1524)	30108	31960,38
(1524; 1525)	18383	24508,99
(1525; 1526)	12269	16458,60
(1526; 1527)	7073	9678,56
(1527; 1528)	3358	4983,96
(1528; 1529)	1894	2247,39
(1529; 1530)	1648	887,39
(1530; 1531)	1044	306,82
(1531; 1532)	654	92,89
(1532; 1533)	300	24,62
(1533; 1534)	104	5,72
(1534; 1535)	338	1,16
(1535; 1536)	561	0,21
(1536; 1537)	622	0,03
(1537; 1538)	690	0,00
(1538; 1539)	373	0,00
(1539; 1540)	329	0,00
(1540; 1541)	85	0,00
(1541; 1542)	23	0,00

The obtained histograms for rail cant and gauge are asymmetric, do not coincide with theoretical normal curves, therefore, the hypothesis of the normal distribution of these values is rejected.

To determine the relationship between the values, the calculation of the correlation coefficient between the left rail cant and the gauge, as well as the right rail cant and the gauge with Pearson's method was performed:

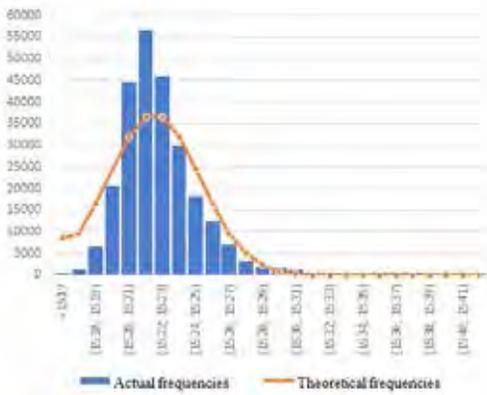
- The correlation coefficient between the left rail cant and the track gauge is $-0,20$, which indicates a weak feedback.

- The correlation coefficient between the right rail cant and the gauge is $-0,41$, which indicates a moderate feedback.

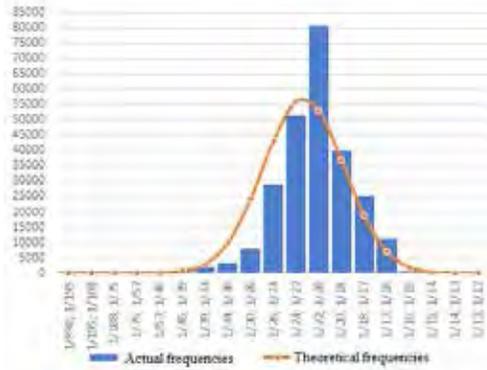
Cant Distribution

With a normal track gauge of 1520 mm and a 1/20 cant of both rails, the contact stresses do not exceed 650 MPa [5], however, with a deviation within the allowable cant from 1/12 to 1/60, they increase by more than 170 % and exceed the ultimate strength of rail steel.

It should also be taken into account that the rail cant on tracks with reinforced concrete sleepers is primarily formed by the inclination of the tie-plates of sleepers with tolerances from



Pic. 2. Frequency histogram of track gauge [performed by the authors].



Pic. 3. Frequency histogram of rail cant for the right rail [performed by the authors].

1/18 to 1/22 for the first grade and from 1/16 to 1/24 for the second grade¹.

The calculation of contact stresses at the analysed section was carried out on track segments with the following parameters: the cant of both rails was the same; cant of both rails was $>1/20$, $<1/20$; cant of the right and left rails differed in opposite directions. The rail cant indicated above was considered at the standard value, with broadening and narrowing of the rail gauge. All types of geometry were taken from the sample.

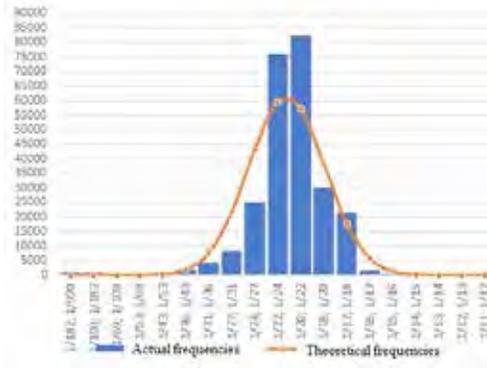
Contact stresses were calculated using the finite element method.

The finite element method (FEM) is a numerical method for solving partial differential equations, as well as of integral equations that arise in solving problems of applied physics. The method is widely used to solve problems of solid mechanics, heat transfer, hydrodynamics, and electrostatics. Concerning railways, the finite element method is used not only to solve the problems of the track facilities, but also of rolling stock [6–8], systems of train traffic control [9; 10] and in the design of artificial structures [11].

The power of the created model is about 300 thousand nodes and 200 thousand elements (Pic. 5). The model consists of a wheel and a rail. The rail is rigidly fixed along the foot, vertical loads are applied to the wheel, corresponding to the axial load of 23, 25 and 30 tf/axle.

The results of the calculation of contact stresses when changing the gauge and cant are shown in Pics. 6, 7 and in Table 5.

¹ GOST [State standard] 33320–2015 Reinforced concrete sleepers for railways. General specifications. Moscow, Standartinform publ., 2019, 39 p. [Electronic resource]: <https://docs.cntd.ru/document/1200124225>. Last accessed 28.10.2022.



Pic. 4. Frequency histogram of rail cant for the left rail [performed by the authors].

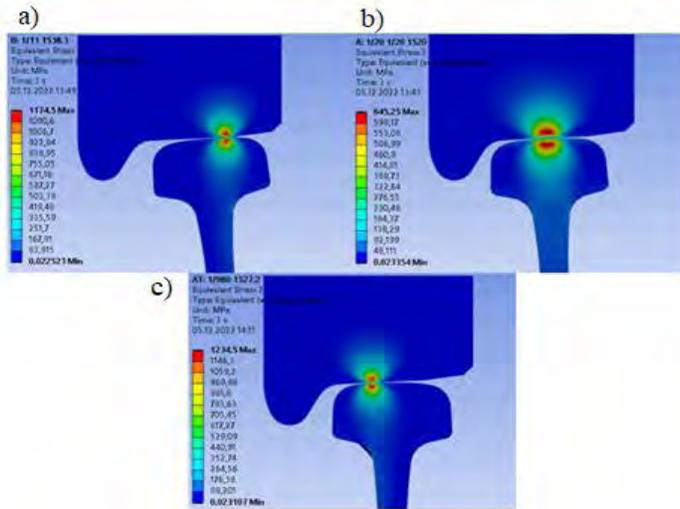
FINDINGS

The value of the rail cant is not a normally distributed value, because any deviation of the cant from 1/20, except for the indicated assumption of the inclination of the under-rail area for reinforced concrete sleepers, is a consequence of wear of elements of intermediate fastenings, weakening of the tightening torque of fasteners [3] or the result of a violation of the established procedure for adjusting the track gauge.

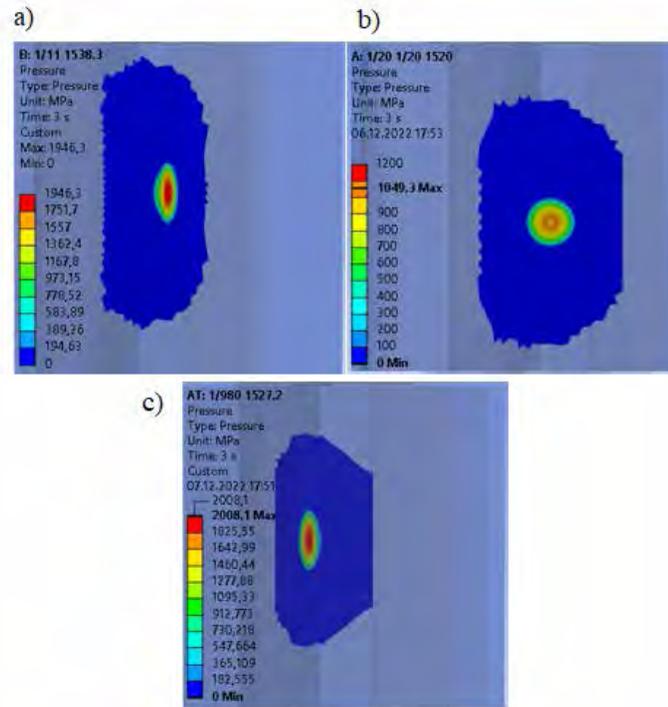
Violations when adjusting the track gauge are characterised by a change in the angle of



Pic. 5. Volumetric finite element model of wheel-rail contact [performed by the authors].



Pic. 6. Contact stresses in the rail head when cant and gauge have the values:
a) 1/11, 1538,3 mm; b) 1/20, 1520 mm; c) 1/980, 1527,2 mm.



Pic. 7. Contact spots and contact pressures in the rail head when cant and gauge have values:
a) 1/11, 1538,3 mm; b) 1/20, 1520 mm; c) 1/980, 1527,2 mm.

inclination of the rail, due to placement of foreign objects under the rail foot. The presence of such violations is clearly demonstrated on sections of the track with a gauge corresponding to the standard, with deviations within the deviation tolerance of the 1st degree (−4 mm; +8 mm), and with different cant of both rails. In table 5 they are presented in lines 2–17.

A change in the track gauge has little effect on the change in contact stresses, which is

demonstrated by the example of a 1/20 cant, with a track gauge of 1516, 1520, 1536 and 1540 mm (Table 5, lines 1, 2, 20 and 22, respectively). The growth of contact stresses in these cases is of 2–3 %.

The growth of stresses in the rail head is a negative factor that reduces the contact fatigue properties of rail steel, and ultimately can lead to formation of transverse fatigue cracks in the rail head in the form of a light or dark spot,

Table 5

**Geometrical Parameters of the Track Gauge for calculation of Contact Stresses
[performed by the authors]**

No.	Gauge, mm	Cant		Contact stresses in the rail head, MPa / Change intensity KN, in %					
		Left rail	Right rail	23 tf/axle		25 tf/axle		30 tf/axle	
				Left rail	Right rail	Left rail	Right rail	Left rail	Right rail
1.	1520	1/20	1/20	586,24 0 %	586,24 0 %	603,46 0 %	603,46 0 %	645,25 0 %	645,25 0 %
2.	1516.3	1/19	1/14	602,87 3 %	843,68 44 %	619,73 3 %	863,6 43 %	657,28 2 %	906,83 41 %
3.	1516.9	1/18	1/17	593,97 1 %	604,06 3 %	613,67 2 %	621,07 3 %	657,62 2 %	659,39 2 %
4.	1517.1	1/22	1/15	599,25 2 %	713,36 22 %	615,55 2 %	731,26 21 %	654,35 1 %	769,81 19 %
5.	1518	1/33	1/18	804,66 37 %	599,62 2 %	824,79 37 %	617,57 2 %	871,42 35 %	657,45 2 %
6.	1518.9	1/16	1/249	614,15 5 %	1132,6 93 %	635,47 5 %	1157,3 92 %	685,06 6 %	1212,9 88 %
7.	1519	1/38	1/17	954,73 63 %	600,39 2 %	975,7 62 %	617,64 2 %	1018,9 58 %	656,09 2 %
8.	1519.9	1/64	1/64	1047 79 %	1047 79 %	1072,3 78 %	1072,3 78 %	1128,7 75 %	1128,7 75 %
9.	1521.2	1/13	1/238	921,64 57 %	1115,7 90 %	941,54 56 %	1142,1 89 %	997,53 55 %	1209,6 87 %
10.	1521.5	1/13	1/339	931,45 59 %	1153,8 97 %	952,31 58 %	1179,4 95 %	995,28 54 %	1234,8 91 %
11.	1521.9	1/364	1/980	1127,8 92 %	1140,1 94 %	1153,5 91 %	1174,5 95 %	1209,6 87 %	1251 94 %
12.	1523.7	1/14	1/410	824,35 41 %	1126,7 92 %	841,67 39 %	1161,9 93 %	880,63 36 %	1237,8 92 %
13.	1523.8	1/113	1/12	1077,3 84 %	1035,6 77 %	1107,6 84 %	1059,8 76 %	1174,7 82 %	1113,6 73 %
14.	1523.9	1/83	1/12	1049,9 79 %	1025,6 75 %	1077,4 79 %	1046,4 73 %	1142,7 77 %	1091,7 69 %
15.	1526	1/855	1/990	1125,7 92 %	1134,4 94 %	1157,7 92 %	1169,7 94 %	1234,1 91 %	1247,3 93 %
16.	1527.1	1/535	1/16	1118,6 91 %	615,16 5 %	1150,3 91 %	634,25 5 %	1228,9 90 %	680,16 5 %
17.	1527.2	1/980	1/16	1126,7 92 %	615,66 5 %	1156,1 92 %	637,48 6 %	1234,5 91 %	686,44 6 %
18.	1533.9	1/16	1/46	615,38 5 %	916,23 56 %	634,59 5 %	940,25 56 %	677,09 5 %	997,57 55 %
19.	1534.9	1/27	1/27	622,85 6 %	622,85 6 %	642,14 6 %	642,12 6 %	685,48 6 %	685,48 6 %
20.	1536.3	1/20	1/62	598,2 2 %	1025,8 75 %	614,8 2 %	1044,1 73 %	652,48 1 %	1092,9 69 %
21.	1538.3	1/11	1/28	1078,2 84 %	633,4 8 %	1108,3 84 %	652,84 8 %	1174,5 82 %	696,89 8 %
22.	1540	1/20	1/101	598,2 2 %	1081,8 85 %	614,78 2 %	1102 83 %	654,09 1 %	1162 80 %
23.	1540.3	1/19	1/106	602,24 3 %	1096,7 87 %	618,87 3 %	1124,2 86 %	656,36 2 %	1185 84 %
24.	1540.7	1/15	1/35	740,1 26 %	859,48 47 %	761,66 26 %	879,51 46 %	812,35 26 %	925,94 44 %
25.	1541.7	1/15	1/43	723,37 23 %	954,82 63 %	744,47 23 %	972,94 61 %	791,9 23 %	1012,5 57 %



leading to failure of the rail before the warranty tonnage is processed [12–15].

An increase in contact stresses by 20 % or more begins when the cant leaves the interval from 1/15 to 1/30.

The greatest increase in contact stresses is observed when approaching the horizontal position of the rail foot. When the cant is less than 1/100, the stress increase is of 80–97 %.

When the cant is changed in the direction of increasing the angle of inclination of the rail foot from 1/14 to 1/11, the increase in contact stresses is of 41–84 %.

CONCLUSION

The parameter of the rail cant has a significant general impact on the stress-strain state of the most important element of the track superstructure which is the rail, and ultimately affects durability (life cycle). To increase the service life of the rail, it is necessary to prevent, among other things, deviations of the rail cant due to wear of individual elements of intermediate rail fastenings and violations of the technological process of adjusting the gauge. As an additional measure to increase the life of the rail, it may be worth reconsidering the tolerances for deviation of the cant from 1/20.

REFERENCES

1. Sychev, V. P., Ovchinnikov, D. V., Abdurashito, Sycheva, A. V. Procedure for determining railway track life depending on its operating conditions. *Nauka i tekhnika transporta*, 2021, Iss. 3, pp. 44–50. DOI 10.53883/20749325_2021_03_44.
2. Chernyshev, M. A. Practical methods of track calculation [*Prakticheskie metody rascheta puti*]. Moscow, Transport publ., 1967, 236 p.
3. Ovchinnikov, D., Pokatsky, V., Gallyamov, D. Factors Affecting the Dynamic Rail Canting of the Railway Track. *Transportation Research Procedia*, 2020 International Scientific Siberian Transport Forum, Transsiberia 2020, Novosibirsk, 2021, pp. 544–551. DOI: 10.1016/j.trpro.2021.02.106.
4. Kobzar, A. I. Applied mathematical statistics. For engineers and scientific workers [*Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov*]. Moscow, Fizmatlit publ., 2006, 816 p. ISBN 5-9221-0707-0.
5. Pokaski, V. A., Ovchinnikov, D. V., Gallyamov, D. I. Contact voltages at different mutual location of wheels and

rails. *Put i putevoe khozyaistvo*, 2020, Iss. 3, pp. 7–10. [Electronic resource]pc: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42608180> [limited access].

6. Peng, D., Jones, R., Constable, T. Tools and methods for addressing the durability of rolling stock. *Engineering Failure Analysis*, 2013, Vol. 34, pp. 278–289. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2013.08.011 [limited access].

7. Vorobyev, A. A., Fedorov, I. V., Chistyakov, E. Yu., Abduganiyev, T. R., Glukhov, A. E. Calculation of the design life of solid-rolled wheels of railway rolling stock according to the criterion of reliability. *Izvestiya Peterburgskogo univesiteta putei soobshcheniya*, 2021, Vol. 18, Iss. 1, pp. 121–131. DOI: 10.20295/1815-588X-2021-1-121-131.

8. Ivanov, P. Yu., Agafonov, V. M., Dulskiy, E. Yu. Mathematical modeling of the process of heating of stator winding insulation of electric locomotives asynchronous auxiliary machine. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovanie*, 2016, Iss. 1 (49), pp. 183–189. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25815924> [limited access].

9. Song, Yang; Zhang, Mingjie; Øiseth, O., Rønquist, A. Wind deflection analysis of railway catenary under crosswind based on nonlinear finite element model and wind tunnel test. *Mechanism and Machine Theory*, 2022, Vol. 168, 104608. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2021.104608>.

10. Zalesova, O. V., Yakubovich, M. V. Calculation of the induced voltage on a disconnected power line using the FEMM program [*Raschet navedennogo napryazheniya na otklyuchenoj LEP s pomoshchyu programmy FEMM*]. *Proceedings of Kola Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences*, 2011, Iss. 1 (4), pp. 37–42.

11. Zhi-Ping, Zeng; Fu-Shan, Liu; Wei-Dong, Wang. Three-dimensional train-track-bridge coupled dynamics model based on the explicit finite element method. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 2022, Vol. 153, 107066. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2021.107066>. [Electronic resource]: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267726121004887>. Last accessed 24.11.2022.

12. Daves, W., Kubin, W., Scheriau, S., Pletz, M. A finite element model to simulate the physical mechanisms of wear and crack initiation in wheel/rail contact. *Materials Science, Engineering. Wear*, 2016, pp. 78–83. DOI: 10.1016/j.wear.2016.05.027.

13. Magheri, S., Malvezzi, M., Meli, E., Rindi, A. An innovative wheel-rail contact model for multibody applications. *Materials Science, Engineering. Wear*, 2011, Vol. 271, Iss. 1–2, pp. 462–471. DOI: 10.1016/j.wear.2010.10.038.

14. Wen, J., Marteau, J., Bouvier, S., Risbet, M., Cristofari, F., Secordel, P. Comparison of microstructure changes induced in two pearlitic rail steels subjected to a full-scale wheel/rail contact rig test. *Materials Science, Engineering. Wear*, 2020, 203354, pp. 456–457. DOI: 10.1016/j.wear.2020.203354.

15. Khoa, D. Vo; Tieu, A. Kiet; Hongtao, Zhu T.; Kosasih, Buyung P. A 3D dynamic model to investigate wheel-rail contact under high and low adhesion. *International Journal of Mechanical Sciences*, 2014, Vol. 85, pp. 63–75. DOI: 10.1016/j.ijmecsci.2014.05.007. ●

Information about the authors:

Gallyamov, Damir I., Lecturer at the Department of Track and Track Facilities of Samara State Transport University, Samara, Russia, d.gallyamov@samgups.ru.

Ovchinnikov, Dmitry V., Ph.D. (Eng), Associate Professor at the Department of Track and Track Facilities of Samara State Transport University, Samara, Russia, ovchinnikov@samgups.ru.

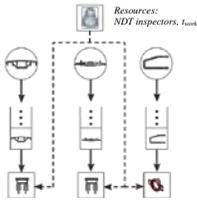
Article received 11.12.2022, approved 27.12.2022, accepted 29.12.2022.

T



TRANSPORT WEEK 2022 156

Most important events of the 16th Transport of Russia International Forum and Exhibition.



WAGON MAINTENANCE 174

Optimisation of distributed resources as a path to their cost-effective use.

AIR TRANSPORTATION 182

Simulating air passenger transportation rates: regressive model as a ground for forecasting.



DIGITAL INTERACTION IN TRANSPORT SECTOR 190

Platform solutions that allow coordination of actors participating in transportation process.



RUSSIAN TRANSPORT NEWS 197

Safe and high-quality roads, urban intelligent systems, public transport, taxi, border crossings, international cooperation, transport education.

MANAGEMENT, CONTROL AND ECONOMICS



EDITORIAL

DOI: <https://doi.org/10/30932/1992-3252-2022-20-6-5>World of Transport and Transportation, 2022,
Vol. 19, Iss. 6 (103), pp. 156–173

Transport Week 2022

ABSTRACT

The journal publishes a selection of materials based on the news reports of the press centre of the Ministry of Transport of the Russian Federation and dedicated to the events held during 16th Transport of Russia International Forum and Exhibition.

The Forum, which opened on November 15, 2022, during its first day hosted the Session of the Committee of the State Council of the Russian Federation, the panel discussion «Container Flow during the Era of Global Shocks. Current Trajectories for Market Development», the roundtable discussion «Life-Cycle-Long Maintenance of Motor Transport» and the industrial conference «Efficiency of State Support for Air Transport During Unprecedented Sanctions Pressure».

On the second day of the Forum, the participants discussed the role of science in providing technological stability of transport, water transport and assessment of compliance in the new conditions, the formula for cooperation in transport engineering, new digital tools, information services and technologies, transport safety and security and digital management ecosystems. Besides, were held the Session of the Council of Heads of Transport Authorities of the Eurasian Economic Union Member Countries and the presentation of the RZD Transport Accelerator.

The final day was devoted to international cooperation. It was opened by the plenary discussion «International Transport

Cooperation in 2022. New Directions, Trends, Results», which focused on the actions of countries on the issues of building transport communications under sanctions, the law enforcement, and the coordination of work aimed at creating more competitive transport products within the EAEU. Then, the session «Sunrise on the East: Significance of Trade with Asian Countries for the Russian Economics and the Ability of Transport to Support the Trade» demonstrated the achieved results in rerouting of external trade communications to the East.

The business program was concluded with the plenary discussion. In the opinion of a Deputy Minister of Transport of the Russian Federation, Valentin Ivanov, «activity of the Forum was organised in a very productive manner. Many issues were discussed and many meeting points and solutions were found».

Winners of the «Formula of Movement» premium were awarded. The premium is designed to promote development of transport infrastructure, improve the quality of transport services, as well as stimulate government and commercial structures to solve significant problems in the transport sector. Only implemented projects or services that have received practical application in the field of transport were eligible to participate.

The topic of «Transport Week» is also highlighted on the second cover and on the pages of the central insert of the issue.

Keywords: transport, water transport, railway transport, air transport, urban public transport, international transport corridor, intelligent transport systems, road construction.

Transport of Russia. Strategy of Growth

The first day of the Forum included the plenary discussion «Transport of Russia. Growth Strategy in the New Conditions». It was attended by Prime Minister Mikhail Mishustin, Aide to the President of Russia Igor Levitin, First Deputy Prime Minister Andrey Belousov, Deputy Prime Ministers of the Russian Federation Marat Khusnullin and Dmitry Chernyshenko, Minister of Transport Vitaly Savelyev, Chairman of the Board of the State Company Avtodor Vyacheslav Petushenko, General Director – Chairman of the Board of JSC Russian Railways Oleg Belozеров

and General Director of PJSC Aeroflot Sergey Alexandrovsky.

Opening the event, Mikhail Mishustin stressed that the President of the Russian Federation had identified transport infrastructure as one of the main drivers for development of the country's economy. It provides logistics for business, jobs and comfortable living conditions for citizens. In the new sanctions realities, it is extremely important to maintain stability of this industry, respond flexibly to changes in the external environment and, of course, act as quickly as possible, taking into account the

For citation: Transport Week 2022. World of Transport and Transportation, 2022, Vol. 20, Iss. 6 (103), pp. 156–173. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-5>.

The full text of the editorial in Russian is published in the first part of the issue.

Полный текст редакционной публикации на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

radically restructured patterns of goods movement».

In addition, the discussion was held on development and implementation of new educational standards in the process of training specialists, particularly, in the field of construction and operation of roads, tunnels and other structures.

In turn, Vitaly Savelyev noted that a lot of work is underway to develop inland waterways. There are 102 thousand kilometres of inland waterways in Russia. It is an alternative to road and railway transport. According to the results of this year, the cargo turnover of Russian seaports will decrease by only 2 % compared to last year.

The Minister of Transport said also that modernisation of the Eastern segment of the rail network to increase the flow of goods is proceeding as planned. «According to the results of this year, 158 million tons of coal and other cargo will be transported by rail in the east direction. Next year, it is planned to export 173 million tons, and by 2024 to reach a carrying capacity of 180 million tons. We cope with this now», he added.

Andrey Belousov recalled that this year the country faced a blockade of transport exits to Europe. In physical terms, for two quarters, from April to September, compared with 2021, foreign trade turnover with the EU countries fell by approximately 25 %. At the same time, turnover with China and Southeast Asia increased by almost 10 %, and in the southward direction by 56 %.

The issue of developing key transport and logistics corridors was also raised. «The most historically powerful is the Eastern Corridor. Its length is about 11–12 thousand km, the transit capacity is 280 million tons. But this is not enough to ensure development of the country now and in the near future. It is planned to increase the transit capacity to 350 million tons of cargo per year until 2030. The length of the corridor in the direction of the Azov-Black Sea basin with access to Turkey and the countries of North Africa is about 3,5 thousand km. The current transit capacity is almost 180 million tons. There are great opportunities for growth here. We expect an increase of about 300 million tons. It will become commensurate in capacity with the eastern direction, – said the First Deputy Chairman of the Government of the Russian Federation. – The North-South corridor is of the

utmost importance. It runs from the port of Ust-Luga to the Iranian ports of Bandar Abbas and Chabahar with access to the Indian Ocean and has a length of 5 thousand km. The current transit capacity is 14 million tons. We want to bring it up to 32 million tons. It crosses from north to south a number of existing global transit corridors and in the future can change the world logistics of global transport flows».

He added that building a transport and logistics corridor is a big and systematic work. Each corridor must be seamless, and this requires a number of regulatory changes that must be addressed through agreements with neighbouring countries.

Speaking to those present, Marat Khusnullin touched upon the topic of road development. «By November 30, it is planned to sign a five-year plan-memorandum for development of roads with each territorial entity. That is, people will know exactly where which road will be built within five years. 13 trillion rubles will actually be allocated for this program», he noted.

Dmitry Chernyshenko said that a single mobile application for transport passengers may appear in St. Petersburg, Leningrad region and Tver. The pilot project of the Ministry of Transport makes multimodal travel very convenient. Based on geolocation technology, a passenger can place the points of his route and the system, using artificial intelligence, will select the correct route and make connections.

«The transport industry is one of the most advanced in terms of the use of artificial intelligence. 18 % of large and medium-sized transport companies use it in their work, and about 38 % plan to do so soon», he concluded.

Latest Transport Technologies

On November 15, 2022, at the exhibition site of the Russian Znanie [«Knowledge»] Society, Minister of Transport Vitaly Savelyev gave a lecture on modern transport, as well as on the prospects for its development in the future. In his speech, the Minister paid special attention to adoption of the latest technologies in the transport sector. «Digitalisation is present in any company. If you walk around the exhibition, you will see that there is not a single company where digitalisation would not be presented. The entire transport industry has changed its landscape because it is completely digitised», said the head of the Ministry of Transport.





Vitaly Savelyev spoke about the unique domestic developments in the field of civil aviation. Today, a large-scale process of import substitution is underway, the main priority of which is ensuring safety of passengers. «The refusal of Western partners to cooperate in the aircraft industry led to an important goal of reviving domestic aviation with renewed vigour. According to the program approved by the Government, it is planned to produce over a thousand aircraft by 2030, including about 270 MS-21», he said.

The work done to modernise the Single Air Traffic Management System in Russia was noted. Currently, traffic control in the airspace of 26 million km² is carried out from 14 state-of-the-art high-tech regional centres that collect all aeronautical information. «It is worth noting that domestic equipment was used to create this unique system», the head of the Ministry of Transport emphasised.

The railway industry is also actively using unmanned technologies. In particular, the unmanned Lastochka was tested on Moscow Central Circle without passengers. Automation does not fail; the train runs exactly on schedule. The MCC is one of the busiest passenger traffic areas in Europe. Similar technologies are now being introduced in the metro on the Big Circle Line.

During the lecture, the Minister of Transport spoke about current projects based on introduction of modern technologies. For example, by 2024, an unmanned corridor is being prepared to open on the M-11 Neva highway. In the near future, the Neva highway will become the first road in the world to be fully equipped with digital infrastructure for unmanned trucks. This is a special type of unmanned vehicles. «The results of this experiment will be used on other highways, for example, on the Central Ring Road and M-12 Moscow–Kazan. By 2030, it is planned to make

19,5 thousand km of Russian public roads suitable for unmanned vehicles», the Minister specified.

Unmanned technologies will also be actively used in the field of river and sea transport. Autonomous navigation is one of the new technological trends. Last year, 28 journeys were carried out in Russia, in which unmanned technologies were tested, which proved the possibility of their application today.

In addition, the Minister mentioned several significant domestic developments, for example, KM ekranoplan developed in 1966 – a hovercraft, which was nicknamed the «Caspian Monster» abroad for its size and impressive capabilities. Modern models of ekranoplanes are currently being developed by the design bureau named after R. E. Alekseev.

Vitaly Savelyev also emphasized the achievements in the field of building nuclear-powered icebreakers, which have no analogues in any other country in the world. «Our task today is to fully unlock the potential of the Northern Sea Route. This is a rather serious transport and logistics corridor, which shortens the route from the countries of Southeast Asia to Europe by two weeks, as compared to the Suez Canal. Our icebreakers and ice-class gas carriers allow us to perform this task», he explained.

Southern Cluster

On November 15, 2022, the conference «Southern cluster – a modern transport artery» was held. Public company «Avtodor» presented the project, having completed the feasibility study (FS). It was held by order of the President of the Russian Federation Vladimir Putin.

Construction of an alternative route along the Black Sea which is Goryachiy Klyuch–Sochi highway, including a bypass of the microdistrict Adler, outside the coastline and bypassing the street-and-road network, will give an impetus to the growth of the economy of Krasnodar region and the tourism sector of Russia as a whole, will unlock the logistics potential of the region, which will create prerequisites for consistent development of the port infrastructure of Sochi and Tuapse. The implementation of the Southern Cluster project will eliminate seasonal traffic congestion caused by a multiple increase in tourist flow and will also reduce travel time by 67 % – from 6 to 2 hours on Dzhubga–Sochi section. The new road

will provide an increase in the level of safety for all road users, which will significantly reduce accidents and deaths on the roads – by 4 or more times.

The project is completely unprecedented due to the sophisticated engineering solutions and the unique natural landscape of the area. It is difficult to overestimate the importance of construction of the highway for Krasnodar region and for the whole country as a whole, said Igor Koval, First Deputy Chairman of the Board for Investment Policy of the Avtodor State Company.

Andrey Shilov, Director of the Department of State Policy in the Field of Roads of the Ministry of Transport of Russia, recalled the ongoing federal projects. «By the end of 2023, such facilities as the Far Western Bypass of Krasnodar, the reconstruction of the A-289 highway from Krasnodar to Temryuk in the direction of Krymsky Bridge will be completed, and the road from Anapa to Krymsky Bridge will be expanded. The subsequent systematic work is to build a new direction from Dzhubga to Sochi», he said.

The construction project of the Southern Cluster had been repeatedly discussed, but because of its complexity and high cost due to passage in mountainous conditions, it was constantly postponed. As part of the feasibility study, it was possible to reduce the cost of construction of individual sections by up to 30 %

The A-147 highway is the only and non-alternative road access from Dzhubga to Sochi. For a considerable distance, the road is winding, due to the passage in difficult mountain and coastal conditions. The geometrical parameters on some sections of the road do not meet the regulatory requirements, for example, on serpentine there are curves with radii from 10 to 14 meters. This increases the risk of accidents with long cargo and passenger vehicles.

«Krasnodar region is ready to support this project administratively and financially, including in terms of tax benefits. We are ready to structure the most interesting product in a lively dialogue with the State Company. The implementation of the investment project will increase our added value and gross regional product by more than 600 billion rubles. The construction of this road will increase the tourist flow from 17–18 to 25 million tourists a year», said the Minister of Economy of Krasnodar region Alexey Yurtaev.



The design and construction of the priority section of the new road along the Black Sea coast – Adler bypass is planned to begin as early as in 2023, to be completed in 2026.

ESCAP-GTI Workshop on Digitalization of Transport

On November 15, within the framework of XVI International Forum and Exhibition «Transport of Russia», the 3rd ESCAP-GTI workshop «Digitalisation of transport: towards resilient, seamless and sustainable connectivity» was held. The event was timed to coincide with the 11th meeting of the Transport Council of the Greater Tumen Initiative on November 16, 2022.

The purpose of the workshop is to extend the capacity of the countries of the Asia-Pacific region to introduce and apply digital technologies



in transport. During the event, experts from Russia, China and Mongolia, the ESCAP Secretariat, the Business Council of the Eurasian Economic Union and the Asian Infrastructure Investment Bank spoke.

The Russian delegation recalled that one of the goals of the Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035 is digital transformation of transport and accelerated introduction of new technologies. As examples of national projects for introduction of digital services in transport activities, electronic waybills and a project for the use of unmanned vehicles on the M-11 Neva high-speed highway were announced.

The digitalisation of transport is one of the priorities of cooperation between the member countries of the EAEU, which is confirmed by the Agreement signed in April 2022 on the use of navigation seals in the EAEU to track transportation.

The Russian side called for further dialogue on all aspects of digitalisation of transport and emphasised its readiness to share its advanced developments in this area with all the countries of the Asia-Pacific region.



Presentations on innovative solutions in the use of digital technologies in transport were made by representatives of Russian organisations of the transport complex: RUT University, JSC Russian Railways, Direction for International Transport Corridors Autonomous non-commercial organisation.

Digital Tools for New Logistics

On November 16, 2022, the panel session «Digital Tools for New Logistics» took place on the margins of Transport Week. Representatives of government and business structures discussed digital tools already used in various types of transportation, as well as those only planned for launch. The session was attended by Deputy Minister of Transport Dmitry Bakanov, Deputy General Director of JSC Russian Railways

Evgeny Charkin, member of the Federation Council Artem Sheikin, director for corporate relations and relations with government authorities of LLC Yandex.Taxi Anton Petrakov, and others.

Dmitry Bakanov spoke about the main project planned for regulation of road transport which is the digital profile. It is planned to upload information about various road carriers into the system being developed by the Ministry of Transport: goods transported by them, commercial data, road accidents, and taxes paid. Based on these data, a rating of carriers will be formed, the leaders of which will be able to receive various benefits, such as a reduction in the number of inspections, a reduced leasing rate, and others. The introduction of the digital profile system is planned within two years.

Senator Artem Sheikin spoke about the work on ratification of the Agreement on the use of navigation seals on the territory of the Eurasian Economic Union and on the legislative regulation of electronic document management in transport. In turn, Dmitry Bakanov explained that thanks to the system of electronic transportation documents, it is possible to solve such urgent problems as traffic jams at checkpoints across the state border.

Evgeny Charkin, Deputy General Director of JSC Russian Railways, presented various digital services already used by the company's clients. Among them is Cargo Transportation electronic trading platform, through which the millionth shipment was processed in 2022.



Elena Ignatenkova, Director General of LLC CRCP, spoke in more detail about the system of navigation seals and the prospects for its further distribution. Anton Petrakov, Director for Corporate Relations and Relations with Government Authorities of LLC Yandex.Taxi, Dmitry Surovets, Vice President of FESCO Transport Group, and Denis Smirnov, General Director of LLC MTS Auto, spoke about digital technologies used in business development.



Integration of Unmanned Aerial Vehicles into a Single Airspace

On November 16, on the sidelines of Transport Week, the round table was held on «Megacities Air Space Monitoring as a Tool to Implement the Concept of UAV Integration into Common Air Space and to Facilitate Urban Air Mobility». The participants discussed the background to create a monitoring system for general aviation flights and unmanned aerial vehicles over St. Petersburg, technologies, functionality of the system, the current state of the regulatory framework in the field of regulation of unmanned flights over agglomerations.

In 2011, the Ministry of Transport, at the initiative of the Governor of St. Petersburg, introduced zones of prohibition and restriction of flights over the city. When establishing such zones, it is necessary to know who is moving along which route. In this regard, mechanisms and algorithms have been defined to ensure monitoring and recording of aircraft flights – this is a multi-position system and primary locations that must work together. The developed project of such a system made it possible this year to implement the first stage of the system in the central part of the city.

The Federal Aviation Rules contain the right to form restricted and no-fly zones in the interests

of individuals, but it is not established who forms the procedure for using airspace in these zones – this right is not assigned to either the federal authorities or the person in whose interests this zone was formed. Thus, it is necessary to establish who can and should develop the procedure for the use of airspace, which will be a mandatory document for all operators, if a zone of prohibition and restriction is established.

Today, when everyone can become the owner of an unmanned aerial vehicle, a comfortable infrastructure is needed for the safe use of airspace in an urban environment.

NPO Almaz, together with LLC Flight Dron, developed a comprehensive solution that regulates drone flights in the space of urban agglomerations. The system allows coordinating a flight in a few hours, and it takes up to two minutes to work with documents. The service takes into account more than 10 thousand aeronautical information objects that are updated daily. The system integrates with the city services «Smart City» and «Safe City» and makes it possible to track flights, as well as use drones to monitor city infrastructure. On the platform, personal accounts of city administrations have been created, in which employees coordinate flights, receive a full-fledged drone owner authentication system, and monitor the city's airspace. The automated monitoring system provides continuous monitoring of aircraft and captures violations of operators. All received information is automatically sent and processed in the territorial monitoring centre, from where it is then transmitted to operators.

An agreement has been concluded between St. Petersburg, NPO Almaz and LLC Flight Dron, under which a platform is being tested today that allows for the orderly issuance of take-off permits, providing additional information about the applicant. Traffic density in the city is increasing, with a large number of shipments falling on courier delivery. In order to guarantee the delivery time of such shipments, additional logistics are needed. In this sense, St. Petersburg has good conditions: the river and canals make it possible to move fairly safely over a large area of the city, it is not necessary to make appropriate platforms inside the historical part of the city. Definitely, safety of unmanned aerial vehicles in residential areas in such a dense metropolis as St. Petersburg is a fundamental issue. Any further development is possible only after all risks have been eliminated.





«It is absolutely clear and precise that there can be no segmented airspace, it is single and controlled by single rules from a single centre. Colleagues are now looking for options within the framework of the experimental legal regime, but there is no doubt that the federal centre should develop new rules for the use of airspace over large settlements with acceptable risks and control over them. These rules should be developed, including for restricted zones, and for closed zones in some cases», said Alexander Yurchik, Deputy Head of the Office of the President of the Russian Federation for Ensuring the Activities of the State Council of the Russian Federation, in his speech.

Cooperation between Russia and Pakistan in the Field of Road Cargo Transportation

On November 16, 2022, at the site of XVI International Transport of Russia Forum and Exhibition, the signing of the Intergovernmental Agreement between Russia and Pakistan on international road transport took place. The document was signed by the Minister of Transport of the Russian Federation Vitaly Savelyev and the Minister of Communications of the Islamic Republic of Pakistan Asad Mehmood.



The conclusion of the agreement creates a contractual and legal basis for implementation of road transportation between two countries.

The signing of the document will expand the geography of cargo transportation by road along the routes of the North-South international transport corridor, including in terms of access to the territory of Pakistan through the territory of Iran. This will create additional potential opportunities in the field of road transport for Russian and Pakistani carriers.

Transport Engineering

The plenary discussion held on November 16, 2022 «Transport engineering. Cooperation Formula» was attended by Deputy Minister of Transport Igor Chalikh, General Director of JSC STLC Evgeny Ditrikh, President of JSC AVTOVAZ Maxim Sokolov, General Director of PJSC Irkut Corporation Andrey Boginsky, Chairman of the Board of Directors of JSC Sinara – Transport Machines, RAT President Alexander Misharin and Chairman of the Board, General Director of JSC USC Alexey Rakhmanov.



Water Transport

On November 16, 2022, the industry-specific conference «New Reality for Water Transport – a Look Beyond the Horizon» was held. Invited experts from government agencies and businesses discussed development of international transport corridors, renewal of the fleet and prospects for inland water transport. The conference was attended by Deputy Minister of Transport Alexander Poshivay, Head of Rosmorrechflot Zakhary Dzhioev, Special Representative of Rosatom State Corporation for Development of the Arctic Vladimir Panov, and other experts.

Alexander Poshivay noted the importance and relevance of the Transport Strategy until 2035, adopted last year. It made it possible to promptly respond to the challenges associated with introduction of international sanctions. The main goal of transport policy is reorientation of cargo flows. In this regard, the Deputy Minister

noted the special importance of the North-South transport corridor, the infrastructure of which is being modernised by the Ministry of Transport together with Rosmorrechflot. «The growth potential is almost double by 2030», the Deputy Minister said. Alexander Poshivay stressed that, despite all the difficulties, in 2022, an increase in cargo and passenger traffic is noticeable.

The theme of importance of the North-South corridor was also continued by Denis Afanasiev, Deputy Chairman of the Government of Astrakhan region. In particular, he noted that the corridor itself is half as long as its counterparts. Today, there is a keen interest in development of the corridor on the part of friendly states, expressed in investments in development of port infrastructure. Thanks to these and other steps, it will be possible to guarantee the political independence of our country in terms of cargo delivery.

Vladimir Panov, Special Representative of Rosatom State Corporation for Development of the Arctic, spoke about development of the Northern Sea Route. He said that over the past five years, Russia has moved to a new qualitative level of understanding of maritime logistics and has acquired such competencies and knowledge that no foreign state or company has. Now the task has been set to switch to year-round navigation of the NSR in an easterly direction by 2024.



At the end of the conference, Zakhary Dzhioev spoke. The head of Rosmorrechflot paid special attention to the importance of inland waterways for business and development of deep-sea terminals. Speaking about transport corridors, Zakhary Dzhioev emphasised the importance of the North-South corridor, proceeding not even from the volume of traffic at the moment, but from its geopolitical potential. «Logistics will be decisive for the economy. Where new routes will be formed, there will be points of growth», he concluded.

Container Transportation

On November 16, 2022, during the panel discussion «Container Flow during the Era of Global Shocks. Current Market Trends», the participants in the meeting discussed changes in the geography of foreign economic activity in recent months, proposals of logistics operators to businesses in the new conditions, development of container logistics, ensuring a balance of interests of participants in foreign economic activity based on the needs of the sectors of the Russian economy, the processes of restructuring domestic enterprises to modern logistics standards.

Sheremetyevo International Airport

At the conference of Sheremetyevo International Airport on November 17, 2022, issues of developing and implementing a digital airport management ecosystem were discussed. The event was attended by Deputy Minister of Transport Dmitry Bakanov, General Director of JSC SIA Mikhail Vasilenko and representatives of the airport.

The conference presented a set of unique developments as a basis for creating a national digital airport ecosystem.

«Sheremetyevo International Airport has become the leader of the Airports Industrial Competence Centre, as we have unique developments, competencies and experience. We offer a universal solution that can be applied in general or in its component parts – modules at all airports in the country», he said.

Sheremetyevo Airport is ahead of many airports in the world in terms of automation and digitalisation of aircraft, cargo and passenger servicing processes. It has developed and implements software using artificial intelligence methods that are significantly superior to foreign counterparts.



The SIA digital ecosystem makes it possible to automatically manage airport production by processing large amounts of data. The combination of these processes allows significantly optimising costs and increasing work efficiency.

The SIA digital ecosystem for managing production processes includes:

- AODB – Central Airport Database (CADB) «Synchron» – the main tool for managing the operational activities of the airport.

- Joint decision-making system with airlines (A-CDM).

- RMS – automated resource management system using a graphical interface.

- A unique digital twin – a system of long-term and short-term modelling, analysis and optimisation of airport activities using artificial intelligence methods, including neural networks.

- Other promising systems, including management reporting and commercial tools for making timely and adequate decisions.

Sheremetyevo became the first airport in Russia to develop and implement a joint decision-making system with airlines (A-CDM) using its own innovative Synchron production database.

An accurate forecasting system made it possible to develop a digital twin of Sheremetyevo Airport, simulating operation of runways, passenger and cargo terminals, baggage handling systems and screening equipment, personnel and technicians. The advantage of the system lies in constant automatic retraining and instant response to changes.

Rapid response to changes allows Sheremetyevo to minimise the negative impact on the airport's economy and maintain production capabilities for stable operation in a constantly changing environment. The digital ecosystem of Sheremetyevo, due to optimization of planning, allows saving over 1 billion rubles annually.

The digital ecosystem of Sheremetyevo gives flexibility in responding to the requests and needs of airlines by understanding the impact of their initiatives on the economy of the airport and the ability to provide additional discounts on service. This benefits all parties: the airport, the airlines and ultimately the passengers.

In turn, Dmitry Bakanov emphasised that today the state and industry business are faced with challenges and threats, which in some cases have accelerated adoption and implementation of decisions on digitalisation in the transport

industry, import substitution of solutions from foreign developers, and further ensuring technological sovereignty.



«An excellent example is the transition of all domestic airlines to Russian booking systems. I am sure that this large-scale project can become an example of how the state, together with business, can quickly solve the problems facing the industry», concluded the Deputy Minister.

Transportation of Goods and Passengers by Road

On November 17, 2022, the industry-specific conference «Organising the Transport of People and Cargo by Road. Convenience and Reliability of Service as Growth Vector». The discussion was attended by Andrey Zemtsev, First Deputy

Director General of FBE Rosavtotrans, Andrey Lebedev, Head of the Legal Department of the State Unitary Enterprise Moscow Metro, Alexander Khomchik, acting Director of the Non-Commercial Leasing and Infrastructure Development Directorate of JSC STLC Alexander Khomchik, Director for Development of Regional Projects of LLC SberTroika Elena Kolesnikova, Deputy Chairman of the Board for Operator Activities and Development of User Services of Avtodor State Company Konstantin Makiyev, Strategy Director of Transport and Development Department road transport infrastructure of Moscow Olga Morozova, Deputy General Director of FBE «Rosavtotrans» Oleg Tolstukhin. The participants in the meeting discussed issues of ensuring road transport in new logistical conditions and equal accessibility of public transport, updating the rolling stock in urban agglomerations, new fare payment options, transforming tachographs, and others.

The State Unitary Enterprise «Moscow Metro» has developed the concept of small bus stations (with passenger traffic from 101 to 250 people per day) and especially small type (with passenger traffic up to 100 people per day inclusive), which will allow setting rational requirements for transport infrastructure facilities located in small towns. The implementation of the concept will require amendments to a number of normative acts, and for implementation of the project it is necessary to stimulate the initiative of the regions.

In addition, legal initiatives are being developed to legalise regular transportation on demand («In the Same Direction»), expand the range of grounds for terminating a certificate of transportation on a regular transportation route, and change the «coronavirus amendment».

Alexander Khomchik made a presentation on preferential leasing, which is a tool for creating new mobility in the regions. One of such programs is the renewal of passenger urban vehicles within the framework of the national project «Safe and High-Quality Roads».

Taking into account the need to modernise the regional fleets of urban passenger vehicles, STLC has developed an investment project with involvement of funds from the National Welfare Fund. It is designed for 2023–2024 and provides for an order at domestic factories for more than 4,4 thousand buses for a total of 73 billion rubles.

Elena Kolesnikova spoke about the SberTroika system. The SberTroika single

ticketing system based on Moscow technologies and the Troika card has been implemented and operates in 24 regions of Russia: from the Republic of Karelia to Khabarovsk region. This allows residents to pay for travel with one card – the Troika transport card – in their city, as well as in other regions where the single SberTroika ticket system has been introduced.

Konstantin Makiyev spoke about multifunctional road service zones (MRSZ) as a new format for locating various road service facilities in one interconnected area that meets a wide range of needs and high safety standards on high-speed roads. The requirements of the State Company for the general infrastructure of the MRSZ create a powerful impetus both for creation of a mainline passenger transportation operator and for development of local carriers.

Olga Morozova informed about the pilot project of a new transport service as an addition to urban transport. This is a service that is located between the classic regular land transport and taxis. It contains not only stationary stop objects, but also virtual stops. The Moscow Transport application allows «ordering» a bus and getting to the destination with other fellow travellers. The average travel time to the stop is 5–6 minutes, buses run on a circular route. The decision to submit a vehicle is made in real time, based on several algorithms: waiting time (should not exceed 13 minutes), accounting for time from home to stop and seating. At the moment, the project is being tested on the territory of New Moscow.

In order to reduce the number of accidents, a tachograph control system is being introduced and developed, which is a set of organisational and technical measures aimed at ensuring control over compliance by vehicle drivers with work and rest regimes and the route. The main goal of the tachograph control system is to improve road safety and reduce accidents by ensuring that drivers comply with the established work and rest regimes, speed limits through the means of objective control which are tachographs.

Andrey Zemtsev, in turn, spoke about the plans of FBE Rosavtotrans. The agency is considering the issue of creating an information system aimed at solving most of the tasks not only of the agency, but of the entire Russian transport complex. The purpose of creating an information system is creation of global information systems that allow raising the work of the motor transport complex to a new level.



Based on the challenges posed by the current situation, the main indicators for creating a single centre of competence for road transport are collection and analysis of information, assessment of the provision of the population with transportation services on regular interregional routes, ensuring transparency of passenger traffic, taking into account actual execution of regular interregional journeys, and creation of effective monitoring of the activities of foreign carriers in Russia in order to ensure the competitiveness of Russian carriers, creation of a network of regular route transportation of dangerous goods that do not require approval, and a reduction in business costs.

Modernization of Public and Urban Electric Transport

On November 17, 2022, the round table «Russian Urban Transport Reforms – What Could be Considered a Reform and What Place Electric Transport Deserves within Urban Transportation System» was held. The participants in the event discussed modernisation programs and ways of developing urban electric transport enterprises in the cities of the Russian Federation, as well as the reform of public transport.

The conference was attended by Roman Kildyushkin, Deputy Director of the Department of State Policy in the Field of Automobile and Urban Passenger Transport of the Ministry of Transport of Russia, Alexander Kondrashov, Head of the VEB.RF Project Office for Urban Transport, representatives of the academic community and industry experts.

Roman Kildyushkin emphasised in his report that the task of developing public transport is of particular social importance. He said that at least half of the inhabitants use public transport in cities. «Our work as the Ministry of Transport is aimed at ensuring that the share of public transport does not fall but grows. This postulate is enshrined in the Transport Strategy. It is planned to increase the share of trips by public transport in cities from 54 to 69 %, both by improving quality of passenger transportation services and by making them more attractive», said the Deputy Director.

The Ministry of Transport, together with interested federal executive bodies, has formed a single comprehensive program for modernisation of public transport, which includes seven measures.

About 10 billion rubles are provided for the preferential leasing program of JSC STLC until 2024, due to which it is planned to supply 1161 vehicles, including urban electric transport. The investment project of JSC STLC, which scales this program, provides for attraction of funds from the NWF and extrabudgetary sources. According to the project, it is planned to deliver more than 2,5 thousand vehicles to the regions by 2024. For development of infrastructure for urban electric trains in seven agglomerations of the Russian Federation, JSC Russian Railways plans to allocate 155,4 billion rubles as part of its investment program. Both purchase of rolling stock and construction and reconstruction of railway infrastructure are envisaged. This will improve transport accessibility in the regions. In addition, the federal project analytically takes into account the activities of other authorities: the Ministry of Construction («Infrastructural Menu»), the Ministry of Natural Resources («Clean Air»), the Ministry for Development of the Far East («SE «Social and Economic Development of the Far Eastern Federal District»). In total, more than 1,2 thousand vehicles are planned to be delivered under these projects.

The importance of the integrated development of urban electric transport is noted. «These projects are complex and include both renewal of rolling stock and modernisation of infrastructure, as well as the adjacent territory. In 2022, the Russian Government supported implementation of such projects under the concession model with subsidies from the federal budget. The main share is made up of extrabudgetary sources. The total investment, including federal funds, is more than 260 billion rubles. The territorial entities, together with the Ministry of Transport and VEB.RF, have prepared 11 comprehensive projects, which provide for supply of more than 900 vehicles, modernisation of more than 620 km of routes. More than 77,5 billion rubles have already been allocated for 2023–2025 from the federal budget for these purposes», said a representative of the Ministry of Transport. In order to fulfil the main task, namely to improve the comfort of transport services for citizens, it is planned to equip more than 1 thousand covered stopping pavilions with navigation displays, equip tram tracks with pedestrian fences and lighting. It is also planned to create digital public transport management platforms, which will include monitoring of the

work of carriers and passenger accounting, informing passengers and a mobile application.

One of the main principles is the need to ensure high-quality transport planning in the constituent entities of the Russian Federation. All 11 projects were mandatory reviewed at the expert council at the site of the Ministry of Transport, within the framework of an interdepartmental working group with the participation of the Government of the Russian Federation, the Ministry of Finance, the Ministry of Economic Development and the Ministry of Transport, and at the Supervisory Board of VEB.RF. An example of implementation of such projects was Taganrog tram – in 2 years the infrastructure and rolling stock were completely modernised, 50 trams were delivered, 45 km of tracks and 102 stops were built. Traffic is already open on 6 routes.

The day before, the Federation Council approved at its meeting a bill that provides for responsibility of the constituent entities of the Russian Federation for development of regional transport plans and standards for transport services to the population. «The appearance of such documents is an important step towards high-quality transport planning. When developing requirements for regional standards, which will be approved by the Government, we will take into account the existing experience in implementing projects», the representative of the Ministry of Transport concluded. Currently, extensive work is underway to update scientific and technical documentation, new national standards for the UET are being developed. This will not only increase the economic efficiency of transport, but also remove obsolete requirements that hinder rapid introduction of new technologies.

The Ministry of Transport of Russia, together with interested authorities, is ready in 2023 to ensure development of a new program for modernization of urban electric transport.

Alexander Kondrashov singled out the main criterion for a successful integrated project – this is the transition to mobility management, in which transport planning is combined with traffic management, with the obligatory consideration of individual mobility means as road users. According to the speaker, it is necessary to create a single federal program to support transport reforms with mandatory control over spending, amend Federal Law No. 220 «On organisation of regular transportation» and, with the support of the Ministry of Labour and the Federal Tax

Service, introduce measures to «whitewash» the industry. Without real fair competition in the transportation market, it is impossible to build a proper transport system, the head of the VEB.RF project office noted.

The speaker also added that VEB.RF is working on 5 trolleybus projects that will be implemented using the infrastructure bond instrument.

Ekaterina Bryazgina, director of ITS Academy of Russian University of Transport, said that the Academy deals with a number of scientific, methodological, and educational tasks related to transport planning. A centre for development of urban transport systems has been created within the structure of the Academy. To solve emerging problems, the Academy organises new educational programs, including those intended to fill the lack of qualified personnel in the regions necessary for planning and implementing transport reform. Today, further vocational education programs are being implemented, and HE programs will be opened in the near future.

The participants in discussion noted the importance of eliminating unnecessary duplication of routes, proper organisation of traffic, administration of priority conditions, including dedicated lanes, control of traffic speed in the course of transport reform. It is necessary to build a system of relationships between authorities, carriers and citizens and apply a passenger-centric approach. Proposals were made to create a single consolidated reform management body, to reformat support measures depending on the goals of the region, and to expand the scope of activities, enabling cities with a population of over a million to enter a single comprehensive program.

International Transport Cooperation

On November 17, 2022, the plenary discussion «International Transport Cooperation 2022. New Directions, Trends, Results» was held. The event was attended by Deputy Minister of Transport of the Russian Federation Dmitry Bakanov, Minister of Transport and Communications of the Republic of the Union of Myanmar Admiral Tin Aung San, First Deputy Head of the Federal Customs Service Ruslan Davydov, Member of the Board (Minister) for Energy and Infrastructure of the Eurasian Economic Commission Arzybek Kozhoshev, Assistant to the Chairman of the EEC Maxim



Gall, First Deputy General Director of JSC Russian Railways Sergey Pavlov, President of the Centre for Strategic Research Foundation Vladislav Onishchenko and Chairman of the Board of Directors of FESCO transport group Andrey Severilov. Besides, State Secretary – Deputy Minister of Transport of the Russian Federation Dmitry Zverev and Deputy Minister of Digital Development and Transport of the Republic of Azerbaijan Rahman Gummatov joined the discussion via teleconference. The discussion was moderated by Gennady Bessonov, Secretary General of the Coordinating Council for Trans-Eurasian Transportation (CCTT).

Dmitry Zverev emphasised that any obstacles mean new opportunities. Now it is important to develop end-to-end logistics services on the main international corridors. According to him, friendly countries need to modernise transport infrastructure, introduce regimes that simplify implementation of transit transportation, and jointly administer the routes of transport corridors.

In turn, Rahman Gummatov noted that it is planned to sign an agreement on synchronised development of checkpoints on the border between Russia and Azerbaijan. «This will give us the opportunity in the future to develop our border crossings synchronously and in a coordinated manner. After all, we have big plans until 2030 not only for bilateral transportation, but also for transit, which we expect to increase to 15 million tons. This, of course, requires a serious approach, including in the field of technological solutions», he said.

Vladislav Onishchenko informed that the trend towards digitalisation is currently continuing. Great emphasis will be placed on both automated data transmission systems and acceleration of information exchange. In trade relations, in addition to the exchange of electronic data, cargo tracking is also important. Therefore, electronic navigation seals are now being used to track shipments. It is also necessary to use new transport channels, develop supporting international financial and insurance services, and switch to settlements in national currencies.

Dmitry Bakanov spoke in more detail about the use of electronic navigation seals when crossing state borders. «If there is a trusted party that assembles for the shipper and there is confidence in safety of goods during transportation, then fewer verification control procedures should be applied to it. This technology was launched 3

years ago when we carried out transit from the West to third countries. Now we are reorienting these technologies to parallel imports from the south», he said. – We are also engaged in transfer of shipping documents into electronic form. The amount of paper that is issued for shipments slows down the process of all interactions. In Russia, in September of this year, the Federal Law came into force, which allows issuing a waybill in electronic form. In 2023, we will allow market participants to work on the terms of the voluntary use of this system, and from 2024 we will begin to introduce an industry imperative».

The Deputy Minister notified about creation of an intelligent checkpoint across the state border. This system will allow the state bodies involved in the work of border checkpoints to exchange information on all processes as quickly and seamlessly as possible. By the end of this year, one of the elements of the smart checkpoint will be implemented. This is an electronic queue when crossing the state border, which will optimise the main transport flows.

Maxim Gall informed about the project being implemented by the EEC – formation of «showcases» of national services of ecosystems of digital transport corridors. It combines synchronisation of formats, introduction of digital services, provision of the possibility of publishing these services for access and formation of a single digital logistics environment for all participants in the transportation process.

Arzybek Kozhoshev spoke in detail about the Eurasian Agroexpress project. The project is aimed at developing the export of agricultural products from producers of the EAEU member states to China, Uzbekistan, Iran and other countries of Southeast and Central Asia using the integration component on the routes.

According to Ruslan Davydov, digitalisation is important for speeding up and simplifying customs procedures. «More than a third of all declarations for goods in our country are issued completely automatically, without the participation of customs officials. This not only allows us to manoeuvre resources, but also greatly speeds up the process», he added.

Sergey Pavlov said that a global transformation of the entire transportation process is now taking place. And JSC Russian Railways takes an active part in formation of new routes and corridors.

Admiral Tin Aung San called on Russian partners to develop the North-South transport

corridor, which links the ASEAN member countries and Russia. Efficient supply chains will contribute to economic development of countries.

Council of Heads of Transport Authorities of the Eurasian Economic Union Member Countries

On November 16, the sixth session of the Council of Heads of Transport Authorities of the Eurasian Economic Union Member Countries was held. The event was attended by State Secretary – Deputy Minister of Transport of the Russian Federation Dmitry Zverev.

Within the framework of the Council, the session participants discussed implementation of activities of the road map for implementation of the transport policy of the Union for 2021–2023.

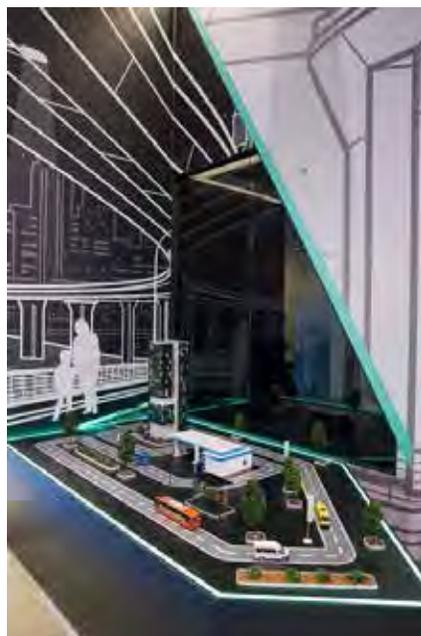
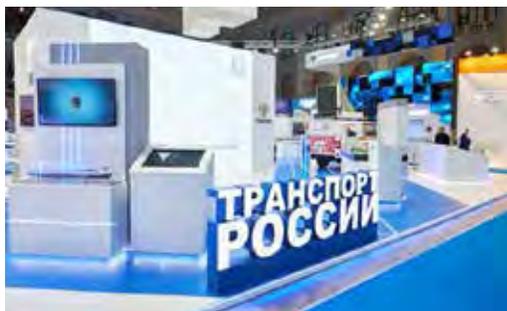
An exchange of views took place on the results of the work of the transport complexes of the EAEU Member States, improvement of the regulatory legal framework, as well as the use of navigation seals in the Union to track transportation.

The parties informed about the degree of readiness for implementation of the general process No. 46 «Information support for transport (automobile) control at the external border of the Eurasian Economic Union».



It was noted that in accordance with the schedule in 2023, the chairmanship of the Board of Directors will pass to the Russian side.





Significance for the Russian Economy of Trade with Asian countries and the Ability of Transport to Support It

On November 17, 2022, at the suggestion of the Public Council under the Ministry of Transport of Russia, the session «Sunrise at the East: Importance of Trading with Asia for Russian Economics and How the Transport System Can Facilitate It» was held. The participants discussed the results achieved in reorientation of foreign trade relations to the east, the identified problems of further expansion of transportation volumes and the sufficiency of currently implemented measures to overcome them, approaches to taking into account macroeconomic effects from development of throughput capacities and ways to achieve a balance of interests of exporters and importers in the context of restrictions on transport infrastructure. The session was moderated by Tatyana Gorovaya, First Vice-President of the CSR Foundation, Chairman of the Public Council under the Ministry of Transport.

The conference was attended by Artur Karlov, Director of the Strategic Development Department of the Ministry of Transport, Igor Koval, First Deputy Chairman of the Board of Avtodor State Company, Alexey Shilo, Deputy General Director of JSC Russian Railways, and other representatives of the industry.

«The Ministry of Transport is working to prioritise those projects that are aimed at

expanding the infrastructure in the eastern, southern and Caspian directions. Our task in the face of great uncertainty is to ensure that the transport infrastructure does not become a bottleneck for the economy – for this it is necessary to develop a package of strategic transport planning documents», Artur Karlov noted in his speech. He said that in the new reality, one has to rely on monthly statistics. According to the data that are voiced in the open space, the trade turnover with Western countries now does not exceed 30 %. The growth of trade with China for 8 months has reached 33 %, with respect to the Caspian states – about 20 %, with Turkey, according to preliminary estimates, has almost doubled.

In the Eastern direction, planning issues are related to development of the railway infrastructure and the transit capacity of the Eastern segment of the network, as well as the further construction of marine terminals, the representative of the Ministry of Transport explained. In the Caspian direction, work on development of checkpoints is a priority, a lot of work is being done on the Russian-Azerbaijani border, this year 12 traffic lanes were opened on the border with Georgia at the Upper Lars checkpoint. In the direction of the Azov-Black Sea basin, within the framework of the Comprehensive Plan for Modernisation and Expansion of the Main Infrastructure, it is planned to develop approaches to the ports of the

region. While new ships of the merchant fleet arrive, the role of the Azov-Black Sea basin in pulling cargo from the Far East will only increase, the speaker emphasised. In the North-West region, there is now some recovery in the dynamics of loading, which is associated with arrival of general cargo.

To comply with the tasks, including transportation of non-resource and energy exports with access to new markets, all these theses should be reflected in the planning documents that the Ministry of Transport and the industry will prepare, the director of the department concluded.

Igor Koval informed about the progress in construction of the federal highway M-12 Moscow-Kazan. Large-scale work is being carried out on all sections of the road; traffic is scheduled to be opened in 2023. Currently, about 25 thousand people and about 7 thousand pieces of equipment are working at the construction site at all eight stages. Avtodor State Company plans to reach Yekaterinburg as early as in 2024. Currently, the state-owned company is conducting a feasibility study for construction of the South-Western Expressway and the Meridian highway. To meet the needs of the company in road construction equipment, the leasing company Avtodor-Leasing was created, by 2024 the required volume of equipment is estimated at 30 thousand units. «We plan to work on organising supply of road construction equipment from friendly countries and China. We see the strong support of the Ministry of Transport of Russia and the supervising Deputy Prime Minister», Igor Koval emphasised.

According to Alexey Shilo, there is no longer an active search for new routes, efforts are aimed at increasing traffic volumes on existing routes. «We have increased the volume of traffic with friendly countries quite well (+17 %), including not only exports, but also imports and transit. In the eastern direction, the volume of transportation by rail increased by 2 %», he said. There is a demand for the eastern direction for domestic communication, transportation of such goods increased by 9 %. Since the beginning of the year, export container traffic to the east has increased by more than 30 %, including paper products, pulp, chemicals, metal structures, vegetable oil and food products – mainly cargo for which western markets have closed. There is a large increase in requests for transportation. Since the beginning of the year, there has been an increase

in light container trains in the east direction from 7 to 10 %. The number of connected container trains increased by 40 %, traction services are actively purchased, from June 2022, transportation of trains of 8 thousand tons began, from August 1 of those weighing 14.2 thousand tons.

The Deputy General Director of JSC Russian Railways emphasised that it is correct to talk about the existing reserves. Among them there are the competent use of the existing infrastructure, empty runs of containers in the east direction and provision of new tariff solutions. In 2022, technological schemes for loading containers into gondola cars at port stations were optimised, which significantly reduced the loading time by three times – to 20 minutes. «We see the potential of the Eastern segment of the railway network in the ability to develop additional routes and organise the transfer of goods through railway crossings to neighbouring states. The Ministry of Transport of Russia is doing a lot of work, roadmaps have been created for implementation of infrastructure and technical projects for development of ITC», Alexey Shilo concluded his speech.

Vladimir Kosoy, President of LLC Centre for Infrastructure Economics, focused on the task of finding a balance between transportation of general cargo and high value-added cargo, i.e., containers.

Transport Cooperation between Russia and Mongolia

State Secretary – Deputy Minister of Transport Dmitry Zverev and Deputy Minister of Transport Igor Chalik held talks on November 17, 2022, with the Minister of Road and Transport Development of Mongolia Sandag Byambatsogt.

To increase the efficiency and ensure the break-even activity of JSC UBZhd, the parties discussed and confirmed the need for timely indexation of tariffs of JSC UBZhd within the framework of the Medium-term tariff policy of JSC UBZhd until 2025 approved by the Board of the Company.

An agreement was reached on development of a Comprehensive Development Strategy for JSC UBZhd for the period up to 2050 in conjunction with the plans for development of the transport system of Mongolia. The strategy will take into account implementation of new railway projects in Mongolia and the connection of new lines to JSC UBZD network, as well as



optimisation of the format for managing social infrastructure facilities and non-core assets. The parity of activities of the parties and the direction of infrastructural development in the interests of JSC UBZhd are envisaged. It is also proposed to fix the mechanisms for the parity transfer of goods of Russian and Mongolian exporters at the Mongolian-Chinese railway border crossing Zamyn-Uud-Erlian.

In addition, new railway routes from Russia to China in transit through the territory of Mongolia, infrastructure projects in Mongolia were discussed at the meeting.

Mongolia and Russia are reliable transport partners. The growth of traffic and new areas of cooperation are indicators not only for bilateral relations, but also for joint work in the international transport market.

Transport Council of the Greater Tumen Initiative

On November 17, 2022, under the chairmanship of the Russian Federation, the 11th meeting of the Transport Council of the Greater Tumen Initiative (GTI) was held. GTI member countries (*China, Mongolia, Russia, Republic of Korea*) presented national reports on the implementation of GTI Regional Transport Strategy.

In its speech, the Russian delegation noted that the Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035 provides for accelerated development of sections of international transport corridors passing through the territory of Russia. Measures were presented to improve the infrastructure of the international transport corridors «Primorye – 1» and «Primorye – 2».

The Russian side drew the attention of foreign partners to projects for modernisation of the Trans-Siberian and Baikal-Amur railways, as well as development of seaports in the Far East basin. The Russian transport complex is faced with the task of increasing the transit capacity of main railroads to 180 million tons by 2024 and increasing the capacity of the ports of the Far East. Currently, the capacity of the ports is estimated at 290 million tons of cargo per year, by 2025 they are expected to increase by 60 million tons, by 2030 – by more than 100 million tons.

The Russian delegation presented domestic experience in the use of electronic navigation seals and the use of unmanned vehicles.

Particular attention is focused on the benefits of using advanced technologies in the transportation process – improving the quality of transport and logistics services, ensuring seamless domestic and international transportation, as well as their reliability and safety.





The Russian side informed the GTI member countries about signing, within the framework of the Eurasian Economic Union, of the Agreement on the use of navigation seals to track shipments.

In the context of discussing promising areas of cooperation within the framework of GTI, the Russian delegation put forward initiatives to establish cooperation in introduction of autonomous navigation, as well as the use of GLONASS technologies to ensure safety of goods during multimodal transportation. Presentations on these initiatives were made by experts from autonomous non-commercial organisations «Industry Centre MARINET» and JSC «GLONASS».

The chairmanship of the GTI Transport Council for further period passed to China.

Final Discussion of Transport Week 2022

The Transport Week 2022 was finalised by the final plenary discussion, which was attended by Deputy Ministers of Transport Igor Chalik, Vasily Desyatkov, Valentin Ivanov, Alexander Poshivay and Director of the International Cooperation Department Alexey Sapetko. The results of the discussions held on the sidelines of the forum were summarised.

Opening the event, Igor Chalik emphasised that the projects that were presented on the sidelines of Transport Week, as well as the decisions made, will have a direct impact on the future of the transport industry and on the life of every citizen.

Alexander Poshivay spoke in detail about the main results of the discussions regarding water transport. «Since March this year, the working

group of the Ministry of Transport of Russia has been operating, which is engaged in reorientation of cargo to new directions. The work that we have carried out has allowed us to practically maintain the cargo turnover of the ports. In the Azov-Black Sea basin, we managed to raise it by 3 %. And those container lines that were temporarily lost due to the departure of the world leaders in container transportation are now being restored», he said. – We managed to maintain transport accessibility of Kaliningrad region. In March of this year, three ships sailed there, today their number is 15, at the end of November it is planned to increase it to 18 ships».

Valentin Ivanov noted that much attention is paid to development of urban railway transport. Currently, 9 projects are being implemented in 9 agglomerations. A striking example is implementation of Moscow Central Diameters. Development of the Eastern segment of the railway network was also discussed. «In 2013, we transported 97 million tons per year, now our plans and development prospects concern 255 million tons per year. This is a huge increase», he said.

Vasily Desyatkov informed about the facilities being built as part of implementation of the North-South International Transport Corridor project. In particular, they comprise railway approaches to Novorossiysk seaport and near approaches to the seaport of Lavna.

Based on the news released by the press centre of the Ministry of Transport of the Russian Federation:

<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10491>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10492>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10505>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10493>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10503>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10502>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10501>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10499>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10500>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10497>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10495>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10507>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10513>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10512>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10511>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10510>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10509>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10508>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10515> ●





Resource Optimisation of Distributed Manufacturing Processes Using Simulation



Daria I. SHKOLINA



Aleksander S. ADADUROV



Sergey A. BEKHER

*Daria I. Shkolina*¹, *Aleksander S. Adadurov*², *Sergey A. Bekher*³

^{1,3} Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia.

² LLC VNIIZhT-Engineering, St.Petersburg, Russia.

✉ ¹ dashashkolina@mail.ru.

ABSTRACT

Non-destructive testing processes in the technological cycle of a wagon repair enterprise largely determine safety of railway transport facilities. The most effective ways to control such processes can only be determined through simulation which makes it possible to assess stability of the production system in a wide range of both external conditions and internal factors.

The objective of the work is to create a method for optimising the resources of distributed manufacturing processes for non-destructive testing of a wagon repair depot based on simulation to reduce the likelihood of stopping the production cycle and reducing unreasonable costs of the enterprise.

The features of non-destructive testing as a stage of the technological cycle of the enterprise are considered followed by the analysis of information on the qualifications of the specialists of the wagon repair company. The positions of non-destructive testing and controlled details are described and analysed within the framework of the queuing

theory. To optimise the non-destructive testing division, simulation modelling is used, while mathematical statistics methods and correlation analysis are used to process the simulation results.

A built model of a non-destructive testing unit comprises posts at the units for repair of parts of the automatic coupling devices and the wagon bogie, wheel sets. A production personnel management scheme is proposed, which might be a basis for optimising the organisational structure of the non-destructive testing unit.

The simulation resulted in formulating requirements for qualification of non-destructive testing inspectors of the wagon repair depot. It is shown that the optimal strategy for development of a subdivision should be aimed at ensuring the universal qualification of employees, in which they have the necessary competencies to perform work at all testing positions. This will increase the average occupancy rate of NDT inspectors from 0,34 to 0,45 and reduce the average delay time of an item at the post from 650 % to 150 % of the standard time.

Keywords: railway transport, simulation modelling, simulation, production process, non-destructive testing, organisation of production, optimisation, flaw detection.

For citation: Shkolina, D. I., Adadurov, A. S., Bekher, S. A. Resource Optimisation of Distributed Manufacturing Processes Using Simulation. World of Transport and Transportation, 2022, Vol. 20, Iss. 6 (103), pp. 174–181. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-6>.

*The text of the article originally written in Russian is published in the first part of the issue.
Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.*

INTRODUCTION

The intensive path of development of modern production systems requires continuous analysis and optimisation of technological processes by reducing delays between technological operations, minimising non-production costs, and reducing the likelihood of disruption of technological cycles [1; 2]. At the stages of organising production processes and making managerial decisions, quite often there is a need to study and describe the structures of production systems, determine their internal relationships and the influence of external factors [3–5]. Experiments with production processes of existing enterprises are impractical, and often impossible, since in the short term the costs can be many times higher than the planned positive economic effect.

A common way to study processes of all types is simulation modelling, aimed at studying the laws of behaviour of complex technical systems and predicting their development [6–9]. Modelling allows determining the most effective methods of control by testing different effects on

the system in a wide range of both external conditions and internal factors [10–16].

All this is of particular importance for complex processes built into the technological cycle and distributed over different units of an enterprise, the inputs of which are described by random variables. A typical example of such processes is non-destructive testing (hereinafter referred to as NDT), the reliability of the results of which directly affects safety of railway transport facilities.

The *objective* of the study is to develop a method for optimising the resources of distributed production processes of non-destructive testing of a wagon repair depot based on simulation, aimed at reducing the likelihood of stopping the production cycle and reducing non-production costs of the enterprise.

RESULTS

Technological Cycle of the Enterprise

The functioning of rolling stock is based on a preventive maintenance system, which includes maintenance, current, depot and overhaul repairs. In general, the in-depot repair process consists

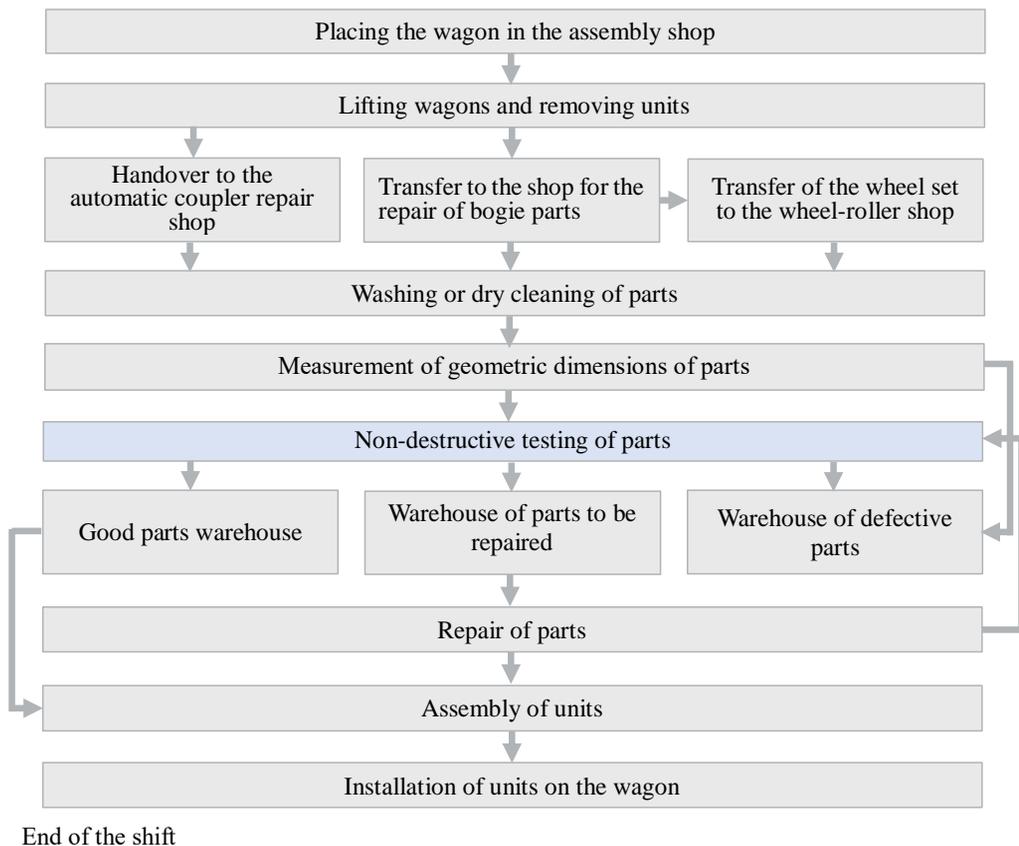
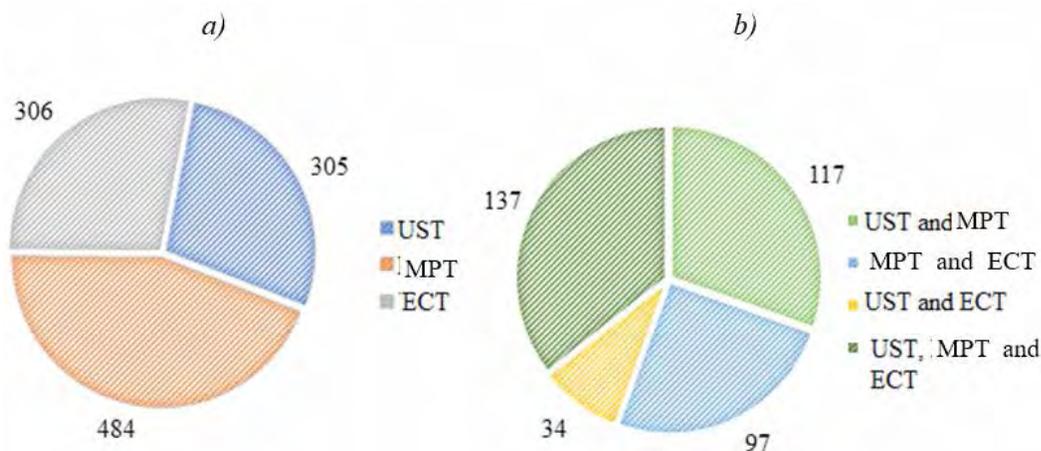


Fig. 1. Enlarged scheme of the technological cycle of repair of cargo wagons [performed by the authors].



Pic. 2. Distribution of NDT inspectors by certified testing methods [performed by the authors].

of the following stages: placing of a wagon in the wagon assembly area, rolling out the bogie from under the wagon, removal of units and transfer of parts to the repair areas (Pic. 1). The repair of cargo wagons includes NDT, the main purpose of which is timely detection of defects in components and parts, aimed at reducing the risk of failure or accidents of the rolling stock in operation.

The NDT process is implemented in structural subdivisions of enterprises: at production sites, laboratories, workshops, shops. The main difficulty in managing the NDT subdivision is related to distribution of testing positions among subdivisions of the main production: the wheel-roller shop, sections for repair of car bogie parts and of automatic couplers.

Testing is carried out by NDT inspectors certified to apply one or more methods: magnetic particle (hereinafter referred to as MPT), ultrasonic (hereinafter referred to as UST), eddy current (hereinafter referred to as ECT) testing. The main operations, however, are not automated and, therefore, the influence of the human factor on the results of testing is significant. NDT inspectors are assumed to be considered as resources of the NDT production system. In accordance with the current regulatory documentation, NDT inspectors must confirm their competence in authorised qualification organisations by passing the certification procedure for «the Railway transport sector» [17].

Information on qualifications of 834 NDT inspectors from 42 wagon repair depots was analysed (Pic. 2). The largest number of

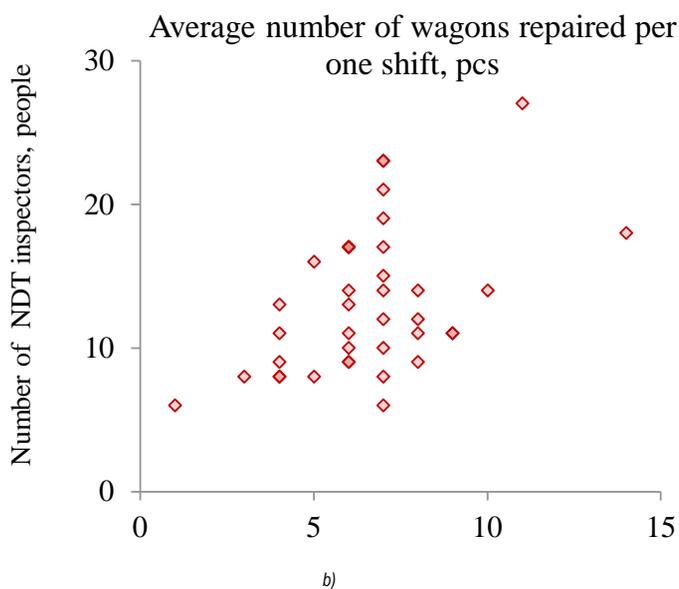
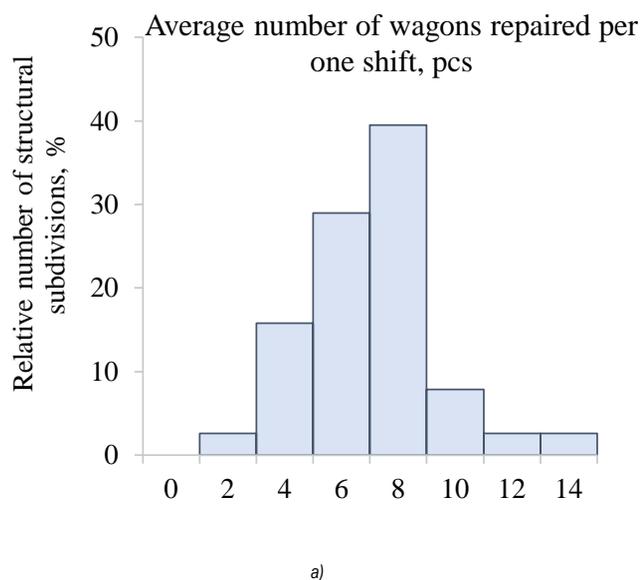
specialists is certified regarding MPT, which correlates with the prevalence of the method in accordance with current regulations. Only 16 % of NDT inspectors are simultaneously certified to use all the three testing methods. Qualification to apply two methods was confirmed by 30 % of defect detector operators (Pic. 2b).

On the one hand, simultaneous certification regarding several testing methods increases the costs of the depot, however, this practice makes it possible to use working time of NDT inspectors more efficiently thanks to their versatility. This approach has been implemented in individual depots, its low prevalence indicates the absence of a single justified strategy for this organisational decision. On the other hand, reliability of control directly depends on qualifications of NDT inspectors, so optimisation of labour resources to perform the daily inspection of cargo wagon parts is a key task, both in terms of economic feasibility and in terms of rolling stock safety.

Simulation

The main problem solved during simulation is to determine an effective strategy for organising control and the optimal number of NDT inspectors required for its performance and their qualifications to unconditionally perform daily volumes of repair of cargo wagons. The necessary information about the daily program for repair of wagons, labour intensity of technological operations, the mode of operation of the enterprise was obtained through monitoring the technological processes of the depot.

The enterprises of the wagon repair company carry out repair of seven wagons per shift on



Pic. 3. Distribution of wagon repair companies (a) and NDT inspectors (b) as per volume of repair operations [performed by the authors].

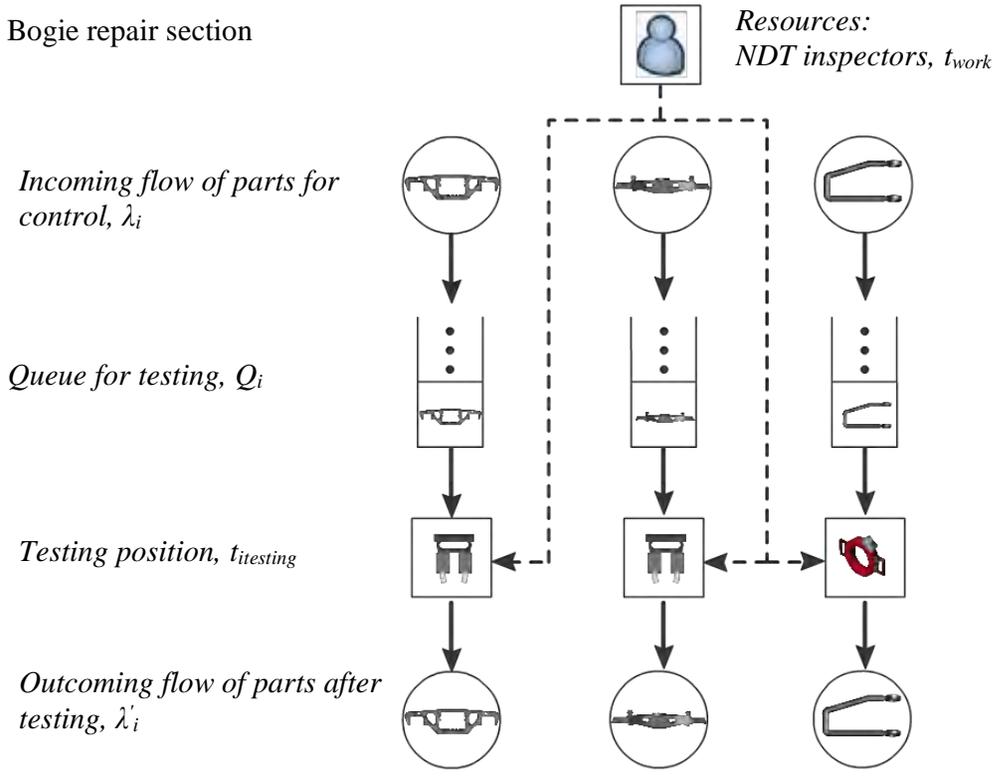
average (Pic. 3a). The number of certified specialists is weakly related to the number of wagons arriving for repair at different depots, the correlation coefficient does not exceed $R < 0,6$ (Pic. 3b). Thus, the structural subdivisions that perform NDT using identical technologies and use standard testing tools do not have a single methodology for determining the optimal number of NDT inspectors.

As part of the study, a simulation model of all testing positions was created at the sites for repair of bogie parts, automatic couplers and

wheel sets of wagons. The initial information was obtained through observation and questioning at wagon repair enterprises and included the hourly number of parts arriving at the testing position during a work shift, the actual number of NDT inspectors per shift, and standard time for testing one part. In the model, the hourly number of parts arriving at the control position was reproduced by a random number generator with a normal distribution law. The average values of the number of parts and their standard deviations required for the random number



Bogie repair section



Pic. 4. Simulation model of testing positions at the site for repair of bogie parts [performed by the authors].

generator were determined based on the initial information.

The production process model contains the incoming flow of parts entering the control, which is characterised by the number of parts and time of arrival. The NDT position is described by the number of parts in the queue Q_i , time of testing of parts of a certain type $t_{testing}$, the equipment used and the number of NDT inspectors certified to apply the testing method. A fragment of the simulation model of the NDT positions at the site for repair of bogie parts (side frame, bolster, brake shoe suspension) is shown in Pic. 4. At the output, a flow of controlled parts with intensity $\lambda'i$ is formed. As a result of the model execution, the average delay time of parts at the control positions $t_{testing}$ and the average time of occupancy of the NDT inspector t_{work} are determined.

The adequacy of the developed model was checked by comparing the number of parts tested in the depot with the number of parts obtained as a result of simulation during the period under consideration. The error for each type of parts does not exceed 10 %.

The choice of analysed parameters included the occupancy rate of a specialist during the work shift and the number of parts in the queue for testing (Pic. 5). The productivity of a NDT inspector is characterised by an average occupancy coefficient c_{occ} :

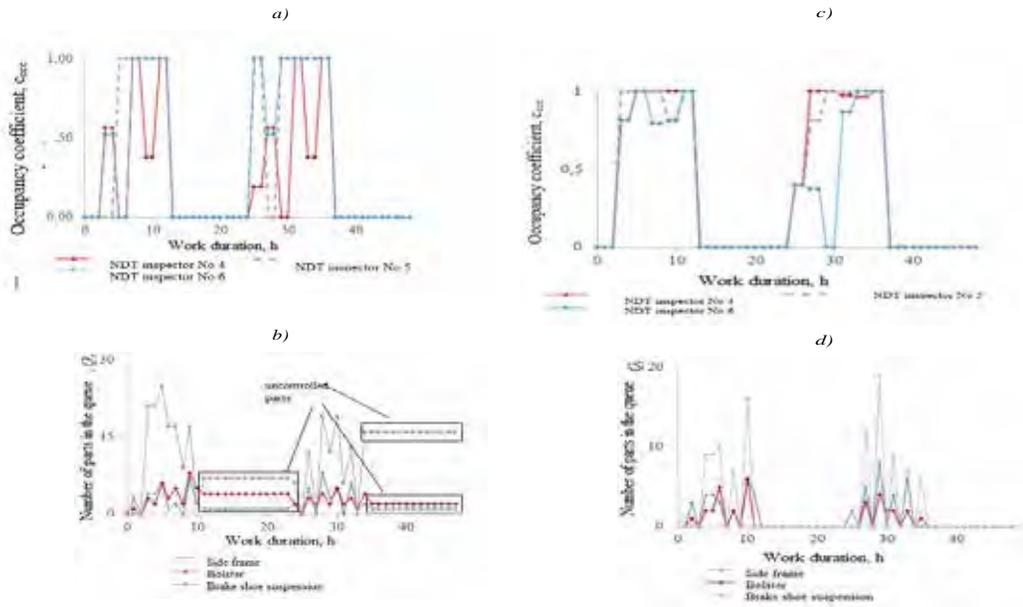
$$c_{occ} = t_{work} / t_{shift} \tag{1}$$

where t_{work} – average time of occupancy of a NDT inspector, h;

t_{shift} – work shift duration, h.

With given parameters of the incoming flow of parts, the parameters of the NDT technological process are determined by the scheme of placement of NDT inspectors at workplaces. In implementation of the process with assignment of workers to texting positions (Pic. 5a), there is a rather low average per-shift occupancy coefficient $c_{occ} \leq 0,34$, and at the same time, a violation of the enterprise's technological cycle, since at the end of the shift there are untested parts (from 2 to 15 pieces) (Pic. 5b).

The implementation of the process with the universal competencies of NDT inspectors (Pic. 5c), which allows performing work at all

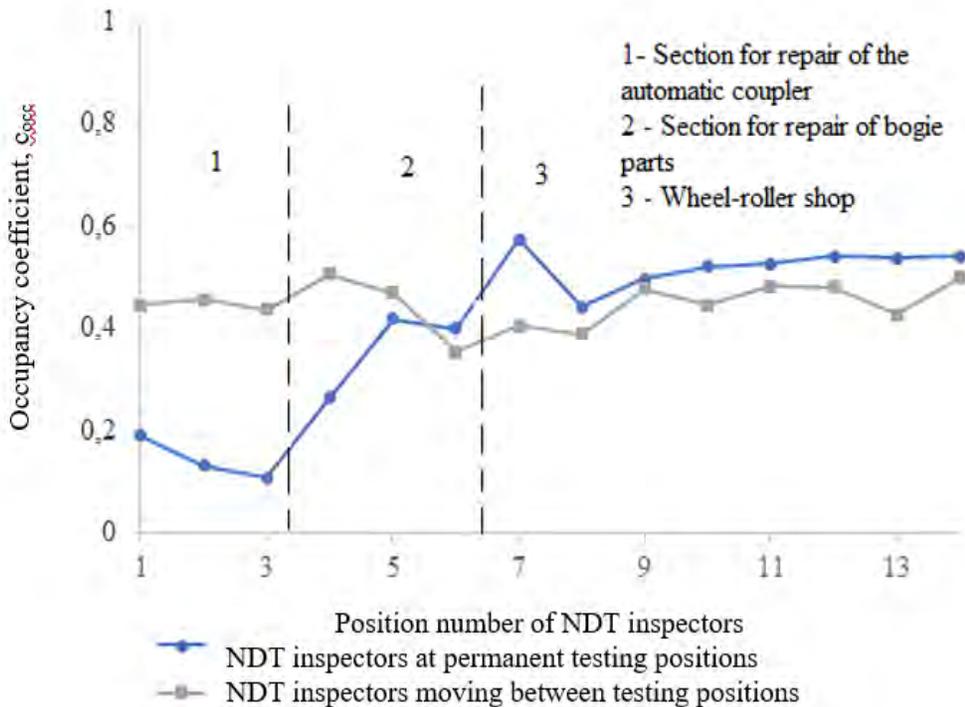


Pic. 5. Occupancy coefficient (a, c) and the number of parts in the queue for control (b, d) during work at the section for repair of bogie parts: a, b – NDT inspectors are assigned to testing positions, c, d – NDT inspectors move between positions [performed by the authors].

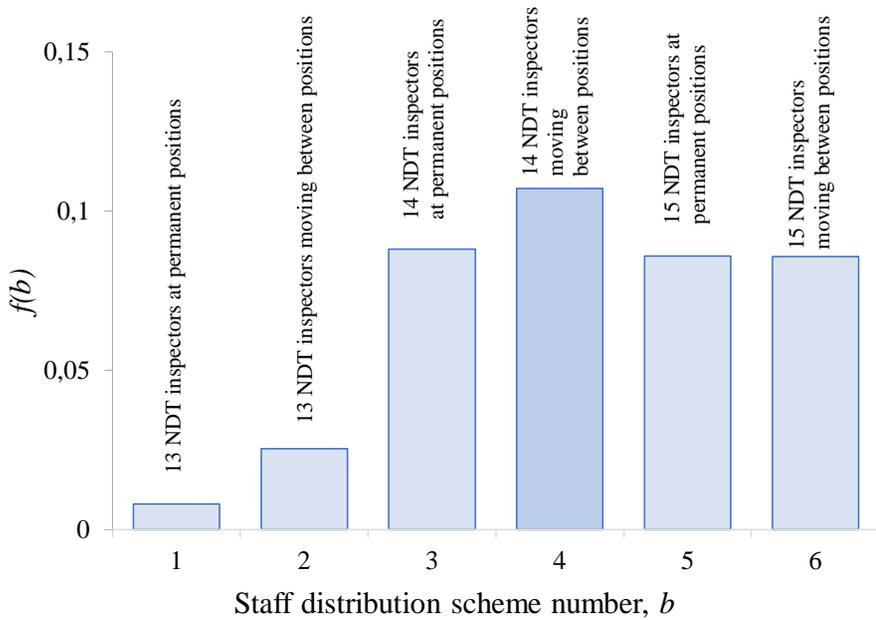
positions, increases the average occupancy rate to $c_{occ} = 0,45$ and prevents the disruption of the technological cycle (Pic. 5d).

The distributions of the occupancy coefficient of NDT inspectors per testing positions in two considered implementations of the process are significantly different (Pic. 6). For example, in

case of consolidation, the maximum workload of workers is observed at the position of the current repair of wheel sets, where the occupancy coefficient reaches $c_{occ} = 0,55$, and the maximum difference in occupancy coefficients at different positions is 0,45. If employees have universal competencies, the occupancy coefficient is



Pic. 6. Average occupancy coefficient of NDT inspectors at different repair sections [performed by the authors].



Pic. 7. Target function graph [performed by the authors].

evenly distributed among NDT inspectors, the maximum difference does not exceed 0,1.

To solve the optimisation problem, the objective function $f(b)$ is introduced, which is equal to the ratio of the occupancy coefficient of specialists to the coefficient of delay of the part at the testing position:

$$f(b) = c_{occ} / c_{part} \rightarrow \max, \quad (2)$$

where b – number on the staff distribution scheme;

c_{part} – coefficient of part delay at the testing position, equal to the ratio of the part delay time at the NDT position to the standard control time.

The selected target function of the labour resources management of the NDT subdivision is aimed at reducing the delay time of parts at the testing position to the standard value and increasing the occupancy coefficient of specialists. The variable parameters of the optimisation problem are the number of NDT inspectors and their competence, which allows or does not allow them to perform work at certain testing positions.

Six schemes of staff distribution (Pic. 7) for a wagon repair depot with a daily repair volume of 6 to 8 wagons are considered. In schemes 1, 3, 5 NDT inspectors occupy permanent testing positions; in schemes 2, 4, 6 NDT inspectors move from position to position if necessary. The number of NDT inspectors in schemes 1 and 2

is 13 persons; in schemes 3 and 4–14 persons; in schemes 5 and 6–15 persons. In schemes 1 and 2, due to the smaller number of employees compared to other schemes, a rather high occupancy coefficient is observed, but at the same time, the daily amount of work is not performed. With an increase in the number of NDT inspectors to 15 in schemes 5 and 6, the entire amount of work is performed, but the occupancy coefficient decreases and, consequently, labour productivity decreases.

The highest values of the objective function correspond to schemes 3 and 4 (Pic. 7). At the same time, in scheme 3 with assigned specialists, the technological cycle is disrupted, since the entire amount of work on the NDT of individual parts (wagon wheel sets) is not performed. The maximum objective function was obtained for scheme 4, in which specialists were able to perform testing at any working position. The free movement of specialists between positions makes it possible to increase the occupancy coefficient from 0,39 to 0,45 and reduce the delay time of a part for inspection from 203 % to 150 % of the standard value, subject to the uninterrupted operation of the wagon repair depot.

CONCLUSIONS

Upon the analysis of production environment of NDT units in wagon repair companies

a simulation model of a complex process distributed over the production areas has been developed that is aimed at optimisation of resources.

Simulation of NDT production process allowed developing of requirements for the qualification of NDT inspectors of wagon repair depot maintaining on average 7 wagons. The simulation has shown that the optimality of a strategy when all the NDT inspectors are certified to apply all the testing methods and have necessary competences, that allows free movement within the NDT unit and execution of all the range of operations. Thanks to optimisation it might be possible to increase the average occupancy coefficient of NDT inspectors from 0,34 to 0,45, and reduce the average delay time of a part at testing position from 650 % to 150 % of the standard time.

REFERENCES

1. Bolshakov, A. A., Slobodyanyuk, L. A., Shashikhina, O. E., Kovalchuk, Ya. A. Production scheduling in the metal structures processing: system analysis, mathematical modelling, and optimisation. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*, 2021, Iss. 7, Vol. 24, pp. 84–92. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46423726>. Last accessed 16.12.2022.
2. Pavlova, E. S., Kosheleva, N. N., Kosheleva, A. I. An integrated approach to optimising the solution of certain transport and production tasks of enterprises. *Azimuth nauchnykh issledovaniy: Ekonomika i upravlenie*, 2020, Iss. 2 (31), Vol. 9, pp. 265–268. DOI: 10.26140/anie-2020-0902-0062.
3. Fessenmayra, F., Benferb, M., Gartnerb, P., Lanzab, G. Selection of traceability-based, automated decision-making methods in global production networks. *Procedia CIRP*, 2022, Vol. 107, pp. 1349–1354. DOI: 10.1016/j.procir.2022.05.156.
4. Fani, V., Antomarioni, S., Bandinelli, R., Bevilacqua, M. Data-driven decision support tool for production planning: a framework combining association rules and simulation. *Computers in Industry*, 2022, Vol. 144, 103800. DOI: 10.1016/j.compind.2022.103800 [limited access].
5. Ito, A., Hagström, M., Bokrantz, J., Skoogh, A., Nawcki, M., Gandhi, K., Bergsjö, D., Barring, M. Improved root cause analysis supporting resilient production systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 2022, Vol. 64, pp. 468–478. DOI: 10.1016/j.jmsy.2022.07.015.
6. Nedeliaková, E., Štefanová, V., Kudláč, Š. Six Sigma and Dynamic Models Application as an Important Quality Management Tool in Railway Companies. *Procedia Engineering*, 2017, Vol. 187, pp. 242–248. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.371.
7. Ray, D., Ramirez-Marquez, J. A Framework for Probabilistic Model-Based Engineering and Data Synthesis. *Reliability Engineering & System Safety*, 2020, Vol. 193, 106679. DOI: 10.1016/j.res.2019.106679 [limited access].
8. Sharnin, L. M., Kirpichnikov, A. P., Nitshaev, R. A., Zaliaev, B. M., Vasiliev, V. D., Shaikhutdinov, S. A. Manufacturing simulation in Anylogic. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*, 2019, Iss. 4, Vol. 22, pp. 153–157. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38071957>. Last accessed 16.12.2022.
9. Rozhkova, E. A., Kovrigina, I. V., Nalabordin, D. G. Development and modeling of an automated wheel set repair line. *Modern technologies. System analysis. Modeling*, 2020, Iss. 3 (67), pp. 32–40. DOI: 10.26731/1813-9108.2020.3(67).32-40.
10. Smirnov, V. A. Assessment of limiting operational parameters for complicated technological systems of enterprises with common productive resources. *Transport Urala*, 2020, Iss. 3 (66), pp. 28–31. [Electronic resource]: <https://www.usurt.ru/download-document/10079> [full issue]. Last accessed 16.12.2022.
11. Bannikov, D. A., Sirina, N. F. Digital transformation of the organization of passenger car service maintenance and repair. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2021, Iss. 3, pp. 22–26. DOI: 10.17513/snt.38525.
12. Zubkov, V. V., Sirina, N. F. Improving strategic planning by modeling transport and production processes. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya*, 2020, Iss. 4 (55), pp. 12–18. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44533406>. Last accessed 16.12.2022.
13. Lakin, I. K., Semenov, A. P. Use of «digital twin» technology during the locomotives' repair management. *Modern technologies. System analysis. Modelling*, 2019, Iss. 3 (63), pp. 89–98. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.3(63).89-98.
14. Erasmus, J., Vanderfeesten, I., Traganos, K., Grefen, P. Using business process models for the specification of manufacturing operations. *Computers in Industry*, 2020, Vol. 123, 103297. DOI: 10.1016/j.compind.2020.103297.
15. Rasaya, H., Taghipour, S., Sharif, M. An integrated maintenance and statistical process control model for a deteriorating production process. *Reliability Engineering & System Safety*, 2022, Vol. 228, 108774. DOI: 10.1016/j.res.2022.108774 [limited access].
16. Liu, Jinfeng; Wen, Xiaojian; Zhou, Honggen; Sheng, Sushan; Zhao, Peng Liu; Xiaojun, Kang; Chao; Chen, Yu. Digital twin-enabled machining process modeling. *Advanced Engineering Informatics*, 2022, Vol. 54 (6), 101737. DOI: 10.1016/j.aei.2022.101737 [limited access].
17. Muravyov, V. V. Analysis of results of certifying the experts in the field of non-destructive testing of railway transport. *Intellektualnye sistemy v proizvodstve*, 2013, Iss. 2 (22), pp. 144–148. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21037794>. Last accessed 16.12.2022.

Information about the authors:

Shkolina, Daria I., Ph.D. (Eng), Lecturer at the Department of Physics, Electrical Engineering, Diagnostics and Management in Technical Systems of Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia, dashashkolina@mail.ru.

Adadurov, Aleksandr S., Ph.D. (Eng), General Director of LLC VNIIZhT-Engineering, St. Petersburg, Russia, Adadurov.aleksandr@vniizht.ru.

Bekher, Sergey A., D.Sc. (Eng), Associate Professor, Professor at the Department of Physics, Electrical Engineering, Diagnostics and Management in Technical Systems of Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia, behers@mail.ru.

Article received 24.11.2022, approved 27.12.2022, accepted 29.12.2022.





Modelling of Air Passenger Transportation in Russia



Olga P. Sushko

Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia.

✉ o.sushko@mstuca.aero.

Olga P. SUSHKO

ABSTRACT

The use of economic and mathematical methods of forecasting the results of activities of civil aviation organisations, and in particular assessment of the volume of air passenger traffic is quite relevant due to the importance of operational planning of air transport processes, development of strategic directions, technological and technical renewal of air enterprises.

The objective of the study is to plan the traffic flow of air passengers using a regression model, considering the results of multifactorial selection of determinants, particularly distinguishing fundamental macro indicators are distinguished, as well as significant indicators of the aviation market.

The study of passenger air transportation was carried out using methods of system analysis, methods of mathematical

statistics and econometrics. Modelling of the process of passenger transportation has identified the main determinants that positively or negatively affect the dynamics of air passenger traffic. The multiple regression of the study of the processes of connectivity and synchronicity of changes in development of passenger traffic and selected macro indicators in a generalised form is the sum of vectors of influencing variables adjusted for the calculated coefficients.

Six-, four- and three-factor regression models were developed. The three-factor model turned to be more reliable with values most close to actual data. Nevertheless, while applying regression model for forecasting air traffic it is necessary to consider not only theoretical aspects, data of official forecasts of macro indicators but expert opinions as well.

Keywords: air transport, factor features, air passenger traffic modelling, multiple regression, statistical verification of the model, forecasting of air passenger flow.

For citation: Sushko, O. P. Modelling of Air Passenger Transportation in Russia. World of Transport and Transportation, 2022, Vol. 20, Iss. 6 (103), pp. 182–189. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-7>.

**The text of the article originally written in Russian is published in the first part of the issue.
Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.**

INTRODUCTION

The significance and degree of development of transport, including air transport, follows in many aspects the development trends of the global and of the entire country's economy. The modern aviation business, and Russian air business makes no exception, faces a whole set of problems and challenges of social, economic, and technological character, including fundamentally new ones^{1, 2} [1–5]. The search for solutions to new problems in the field of air transportation involves a comprehensive analysis of long-term fundamental factors and identification of new factors that affect the change in the economic performance of both airlines and aviation enterprises, and of the entire industry. For the purposes of modelling short- and long-term forecasting, it is also important to identify the main determinants that positively or negatively affect the dynamics. This confirms the relevance and necessity of applying economic and mathematical methods for forecasting the results of activity of civil aviation, and in particular of the volume of air passenger transportation due to the importance of operational planning of air transportation processes, development of strategic development guidelines, technological and technical renewal of aviation enterprises.

Overview of Research

Many works dedicated to fundamental and applied research refer to modelling of the processes of transportation of goods and passengers, differing in complexity, the possibility of implementation, and the objectivity of interpreting the data obtained [6–8]. They suggest complex models such as neural networks, artificial intelligence models, Markov chains, and others. Certainly, forecasting techniques developed by airlines can be useful. The Boeing company³ uses a passenger flow forecasting model (Y , pass/km) based on the macroeconomic indicator – gross product X :

¹ International Civil Aviation Organization. [Electronic resource]: www.icao.int. Last accessed 20.09.2022.

² Business aviation portal ATO.RU. [Electronic resource]: <http://www.ato.ru/content/sita-aeroporty-nuzhno-srochno-cifrovizirovat-chtoby-izbezhatmnogochasovyh-ocheredey>. Last accessed 20.09.2022.

³ Boeing Current market outlook 2014–2033. [Electronic resource]: http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/cmo/pdf/Boeing_Current_Market_Outlook_2014.pdf. Airbus Global market forecast 2014–2033. [Electronic resource]: http://www.airbus.com/company/market/forecast/?eID=maglisting_push&tx_maglisting_pi1%5BdocID%5D=40733.

$$\ln Y = -3,21 + 1,88 \ln X.$$

Aeroflot Airlines, as far as it is known, uses a method for forecasting the volume of air transportation based on the logarithm of the gross product and the difference in income from passenger air transportation:

$$\ln Y = 1,14 + 2,11 \ln X - 0,63 \ln Z,$$

where Y is air transportation pass/km;

X – GDP;

Z – income from passenger transportation per pass/km.

Airlines' data are used among other purposes for planning of airport activity, slot distribution among air carriers⁴.

Thus, in the aviation business, when forecasting passenger air transportation, special models are used based on the dependence on the gross product, but the resulting forecasts may have errors, since only a single factor is considered. Moreover, according to several researchers and analysts involved in the study of the economics of the transport industry, the existing connection between an increase in passenger air transportation by 1 % and an increase in gross domestic product by 1 % is not characteristic for all the countries, since for developing countries, this ratio is higher. Some research based on data for 2008–2021 do not confirm definitely those proportions due to the fact that the dynamics of passenger turnover has some limits of fall/growth, as well as time lags from movement of economic factors till their impact on the rates of air transportation, which is reflected in the amplitude of traffic fluctuations in periods of crisis and periods of economic growth.

A more complex model for studying the connectivity of passenger flow and tariffs, and other factors is based on several indicators:

$$Y = a_0 X_1^{a1} X_2^{a2} e^{a3 X_3},$$

where X_1 is GDP index;

X_2 – average airfare;

X_3 – consideration of other factors;

a_0 – a_3 – coefficients.

Scientific interest can focus on a debatable discussion of the impact of new factorial realities, such as global changes in aviation market, institutional transformations of aviation infrastructure, improvement of the technical and

⁴ IATA. [Electronic resource]: <https://www.iata.org/contentassets/4ede2aabfcc14a55919e468054d714fe/wasb-guidance-temporarycapacity-reductions.pdf>. Last accessed 20.10.2022.



technological platform of the aviation business [9–16]. But the results obtained have been till now difficult to interpret and time-consuming for the practical implementation for forecasting the volume of air transportation.

However, the importance of forecasting air travel processes based on econometric modelling remains high, thanks first to possibility to obtain more reliable results for practical use as compared in comparison with the conclusions obtained using other methods.

Statement of the Research Problem

The subject of research is the economy of the aviation industry. At this stage of the study, the object of the study is the dynamics of passenger air transportation and economic indicators as the main regressors.

The *objective* of this stage of the study is presented as identification of the main factors affecting air passenger traffic and improving the efficiency of air passenger traffic modelling based on multiple regression. Multiple regression modelling allows us to include many factors with establishment of the connectedness of the series and identification of the individual influence of each factor indicator on the simulated series of air transportation, followed by the calculation of the total impact.

The novelty of the study of the processes of air transportation of passengers is associated with development of a multiple regression model for the time series of air passengers and economic indicators, considering in full the information on the correlation between the data of the simulated series and the time series of factor indicators. Also, the resulting model allows monitoring the correlation of time series and the ability to rank factors to ensure greater reliability of the results.

The study of passenger air transportation was carried out using the *methods* of system analysis, methods of mathematical statistics and econometrics. Development of the experimental base of the study comprised analysis of information and statistics resources of international organisations, state bodies of statistical observation (Federal State Statistics Service, EMISS⁵), information and analytic websites (Statista⁶), including those specialising

in aviation topics (Aviastat⁷, Aviaport and Aviapro⁸), as well as data of research publications, other statistical and analytical materials [12–16].

RESULTS

Construction of Fundamentals of the Model and Algorithm

To build a multifactorial model for forecasting air passenger flow, an important task is to select significant indicators as factor variables and determine the number of factors. The selection of indicators that affect the dynamics of air passenger flow for inclusion in the developed regression model was carried out based on the results of a qualitative and quantitative analysis.

The market mechanism for formation of supply and demand depends on the price and many non-price factors, among which the main ones are the number and income of the population. Accordingly, these factors are included in the model. Other factors were ranked according to the results of a survey of researchers involved in the study of transportation processes, specialists, and representatives of the aviation industry. Nevertheless, it is impossible to consider and include all factors in the regression, but this is not so critical, since the regression calculates not only the influence of the included regressors, but also the influence of factors not included, but at the same time associated with the main explanatory variables. It should also be noted that oversaturation of the model with factor variables can lead to statistical insignificance of the parameters according to Student's t-test, which will be further shown analysing six- and more factor model.

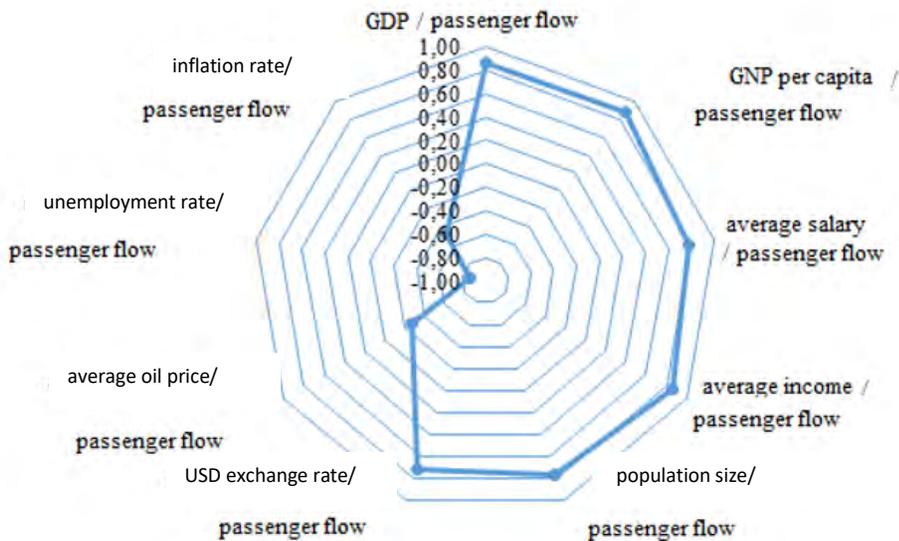
Further, the expediency of including factors in the model was carried out based on statistical methods. The factors were analysed to determine whether they have a correlation dependence on the resulting factor. The research studied the synchronism of changes in development of the main indicator of development of air transportation (passenger traffic) and a number of macro-indicators: gross domestic product, gross domestic product per capita, population size, average wages and average income of the population, the exchange rate of the national currency to

⁵ EMISS. [Electronic resource]: <https://fedstat.ru>. Last accessed 10.09.2022.

⁶ Statista [Electronic resource]: <https://www.statista.com/>. Last accessed 15.10.2022.

⁷ AviaStat. Analytics agency «AviaStat». [Electronic resource]: <https://aviastat.ru>. Last accessed 15.09.2022.

⁸ AVIA.RU Network – российский авиационный портал. [Электронный ресурс]: <https://aviaru.net>. Доступ 15.10.2022.



Pic. 1. Diagram of the analysis of totality of economic factors [developed by the author].

dollar, inflation and unemployment, oil price changes, airfare prices, etc. (Pic. 1) [14–16].

Interpretation of the obtained results of the correlation study showed a different connection and dependence of the data on the dynamics of air passenger flow and the expected factor indicators, which led to the exclusion of several factors.

Among the remaining significant factors, only those that have comparable units of measurement should be left since different units of measurement can lead to incomparable coefficients of the equation.

Another important procedure for analysing the significance of factor variables as regressors is to bring the values of indicators to the same measurement scale. The rule of including a smaller number of factors compared to the number of observations was also respected. Since data from 2008 to 2021 were selected for the study, 4–5 regressors can be considered optimal.

Based on the preliminary results of the study of many economic factors, significant factor variables were selected to develop the multiple regression equation. The multiple regression of the study of the processes of connectedness and synchronism of changes in development of air transportation (passenger traffic) and pf series of macro indicators in general terms is the sum of the vectors of influencing variables, adjusted for the calculated coefficients, provided that they must be consistent.

Model Formulation

Evaluation of the obtained regression equation for the studied time series [17–19] is performed by compiling a matrix (Table 1) and of an inverse matrix.

The initial regression equation includes six explanatory variables:

$$Y = -383,08 - 7,496X_1 + 1,093X_2 + 2,293X_3 + 3,687X_4 + 11,498X_5 + 1,091X_6, \quad (1)$$

where X_1 is average salary;

X_2 – average income of the population;

X_3 – population size;

X_4 – gross product;

X_5 – air ticket price;

X_6 – average oil price.

The calculated value of the constant in the multiple regression equation ($-383,08$) is negative and shows the total impact of unaccounted factors on the result (air passenger flow). And by the difference in multiple determination ($1 - R^2$) with the corresponding residual variance, it is possible to determine the share of influence of unaccounted factors.

The coefficients in front of the variables mean a decrease or increase in air passenger flow under the influence of the analysed factor, and the significance of the influence is determined by the value of the coefficient in front of the factor. The air ticket price factor has the greatest influence on the resulting indicator (passenger flow), which shows the maximum coefficient of 11,498 in the obtained regression model. The least influence



**Matrix of paired correlation coefficients of the analysed indicators
[developed by the author]**

	Passenger flow	Average salary	Average income	Size of the population of the Russian Federation	GDP	Air ticket price	Oil price
-	y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
y	1	0,7033 moderate linear connection between x_1 and y	0,8387 strong linear connection between x_2 and y	0,7646 strong linear connection between x_2 and y	0,8403 strong linear connection between x_2 and y	-0,1154 low linear connection between x_5 and y	0,6834 moderate linear connection between x_6 and y
x_1	0,7033	1	0,9791	0,8568	0,9871	0,07357	0,5612
x_2	0,8387	0,9791	1	0,891	0,9871	-0,0051	0,5791
x_3	0,7646	0,8568	0,891	1	0,849	0,1705	0,3353
x_4	0,8403	0,9871	0,9871	0,849	1	-0,04295	0,6392
x_5	-0,1154	0,07357	-0,00518	0,1705	-0,04295	1	-0,2984
x_6	0,6834	0,5612	0,5791	0,3353	0,6392	-0,2984	1

Table 2

**Partial coefficients of elasticity of factorial variables
in a six-factor model [developed by the author]**

Partial coefficient of elasticity	Coefficient value	Value interpretation
E_1	3,05	Average salary significantly affects the effective feature Y
E_2	1,36	Average income affects the effective feature Y moderately
E_3	3,95	Number of the population significantly affects the effective feature Y
E_4	3,50	GDP significantly affects the effective feature Y
E_5	1,75	Air ticket price significantly affects the effective feature Y
E_6	0,05	Oil price affects the effective feature Y insignificantly

in this six-factor multiple regression model is exerted by indicators with the minimum values of the coefficients: average income of the population and average oil price. But before substantiating and excluding insignificant factors from the multiple regression model, it is necessary to calculate the pair correlation coefficients with the compilation of a matrix with a dimension of 14 x 6, taking into account the number of observations 14 and with 6 independent variables and considering the sign (Tables 1 and 2). The significance of determining the pair correlation coefficients is due to the fact that the obtained values show the strength of the correlation of an individual factor on air passenger flow, while the influence of other factors is eliminated. Small values of the correlation coefficients mean that the relationship between factors and air passenger flow is weak, and, accordingly, considering the above feature, such factors can be excluded from the model.

The next procedure in the study was checking the functional relationship of the analysed factors with each other using pair correlation calculations to eliminate intercorrelation. High intercorrelation of factors in the multiple regression model leads to distortion of the results. Therefore, according to the results of pair correlation, collinear variables with a high linear dependence were established in the model (the value of the coefficient is higher than 0,7 modulo) (Table 1). But due to the significance of the impact on air passenger flow of such macro indicators as gross domestic product and population, it is not advisable to exclude them from the regression model, therefore these factors are integrated into a single variable: gross product per capita.

To expand the possibilities of meaningful analysis of the regression model, partial elasticity coefficients were calculated (Table 2).

Table 3

Estimated coefficient values and their statistical significance [developed by the author]

	Coefficients	Standard error	t-statistics	p-value
Y-intersection	-80,510	40,30838	-1,99736	0,073712
Variable X_1	-7,4466	2,051966	-3,62904	0,00462
Variable X_2	6,1588	1,387849	4,437653	0,001259
Variable X_3	14,689	5,286494	2,776724	0,041571

After calculating the partial coefficients of elasticity, the factors that have the least and insignificant influence were excluded.

After this procedure, a new multiple regression model was developed with three explanatory variables:

$$Y = -80,510 - 7,445X_1 + 6,159X_2 + 14,689X_3, \quad (2)$$

where X_1 – average salary;

X_2 – gross product per capita;

X_3 – air ticket price.

Statistical analysis of the regression equation was subjected to a standard test for the significance of the equation and its coefficients, the study of absolute and relative approximation errors.

Statistical analysis of the resulting regression equation showed a small average approximation error of 9,49 % and an estimate of the root mean square deviation equal to 10,3 %. Part of the errors in the resulting modelling equation can be explained by the difference in the units of measurement of indicators, scale and dimension.

The statistical significance of the regression coefficients for factor variables is confirmed by *t*-statistics since they are all less than Student's tabular *t*-test (Table 3). Comparison of the *p*-value of all variable factors for which it is less than the significance level we adopted (0,05), showed that the obtained regressor coefficients are significant, and in some cases they are significantly less, respectively, the significance of the alternative hypothesis and the rejection of the null hypothesis are higher.

The resulting multiple correlation index of 0,929 and the determination coefficient of 0,862 show a good quality of design results compared to the actual ones (Table 4).

To rank factor variables by the strength of their influence on the result, a regression model was calculated on a standard scale with standardised coefficient values:

$$T_y = -3,648x_1 + 4,457x_2 + 0,399x_3. \quad (3)$$

A stronger influence on air passenger traffic will be exerted by such factors as average salary

Table 4

Regression statistics of the equation [developed by the author]

Indicator	Value
Multiple R	0,935201
R-square	0,8746
Normalised R-square	0,83698
Standard error	10,29697

and gross product per capita. According to the coefficients of separate determination, the share of each factor in the total variation of the effective trait was identified:

$$d_1^2 = 0,77 \cdot (-3,648) = -2,821;$$

$$d_2^2 = 0,84 \cdot 4,457 = 3,741;$$

$$d_3^2 = -0,12 \cdot 0,399 = -0,046.$$

At the final stage, the parameters of the equation were checked for stability of the relation (Table 5).

Checking the obtained model over a long period showed fairly close values with the actual data (Pic. 2), which indicates the quality and reliability of the model obtained.

CONCLUSION

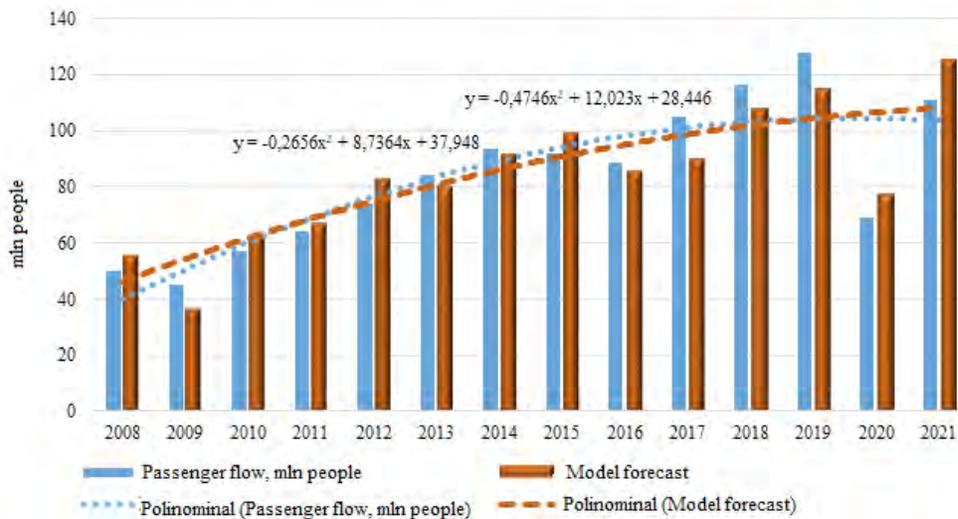
The study has confirmed the synchronism of changes in development of the main indicator for assessing air transportation (passenger flow) and of a number of macro indicators: gross product, gross product per capita, population size, average salary

Table 5

The values of parameters of the equations of single-factor dependence and the coefficients of stability of the relation [developed by the author]

Factor	Parameters of the equations of single-factor dependence	Coefficient of stability of the relation
1	$Y_{x1} = 128,1(1 - 0,85231 \cdot d_{1-x/xmin})$	0,746
2	$Y_{x2} = 128,1(1 - 1,09607 \cdot d_{1-x/xmin})$	0,769
3	$Y_{x3} = 128,1(1 - 24,21201 \cdot d_{1-x/xmin})$	0,732





Pic. 2. Multiple regression model of the passenger flow [developed by the author].

and average income of the population, the national currency exchange rate to dollar, inflation and unemployment rates, changes in oil prices, etc.

The correlation dependences of the time series of passenger air transportation and economic parameters from 2008 to 2021, revealed using different methods, showed a direct and close relationship with GDP, GDP per capita, average income and average salary, population size and exchange rate. For some economic factors, an inverse dependence of different correlation strengths in dynamics over the analysed period was revealed. But since an inclusion of larger number of factors in the regression model causes a decrease in interpretability of the results, and a more complex identification of cause-and-effect relationships, it is necessary to proceed with a high-quality multi-stage selection of factors. Also, considering the intercorrelation of factors and the multicollinear effect on the result, it is advisable to exclude several factors and to replace them with an integrated factor. As a result, six, four- and three-factor regression models have been developed, of which the latter has the highest reliability with values sufficiently close to the actual data.

Further research plan includes the development of an ARIMA autoregressive integrated moving average model, autoregressive and integrated components on analytical platforms (Foresight), using the Python programming language, in statistical programs.

The development of different aspects of implementation of regression model for

forecasting future air passenger traffic which is also the further task of the study is associated with the complex process of consideration not only of theoretical aspects, data of official forecasts of macro indicators, the factors influencing their stability and volatility, but of expert opinions as well. The obtained forecast results should be subject to adjustment after discussion with the experts, after renewal of statistical data, planned of forecast indicators of social and economic development.

Moreover, complex transformational processes in modern world suppose the search for new forecast methods as it is witnessed by large number of recent research publications (e.g., [20–25]), that's why the further scientific discussion on the topic is of great importance.

REFERENCES

1. Kholopov, K. V., Sokolova, O. V., Ahtanina, M. O. State of the global and Russian markets for international air cargo. *Rossiiskiy vneshneekonomicheskiiy vestnik*, 2019, Iss. 8, pp. 64–76. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41045892&ysclid=lc6bvngxke7257279721>. Last accessed 17.11.2022.
2. Russ, A. A., Smurov, M. Yu. State and problems of the air transportation market [*Sostoyanie i problemy rynka aviaperevozok*]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta grazhdanskoi aviatsii*, 2016, Iss. 1 (10), pp. 5–19. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26087017&ysclid=lc6c1711kz444529577>. Last accessed 17.11.2022.
3. Rublev, V. V. Prospects of air passenger market development within the Eurasian Economic Union in conditions of macroeconomic instability. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*, 2020, Iss. 4 (186), pp. 18–37. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43085853&ysclid=lc6c21bm9j918438433>. Last accessed 17.11.2022.

4. Matveeva, A. V., Maltsev, A. A. Low-cost airlines as a vector of global air transport dynamic development. *Rossiiskiy vneshneekonomicheskii vestnik*, 2017, Iss. 8, pp. 80–91. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29898630&ysclid=lc6c2sik1103823143>. Last accessed 17.11.2022.
5. Gubenko, A. V., Rastova, Yu. I., Pankratova, A. R. The current state and prospects of passenger air transportation market development in Russia. *Economics and Environmental Management*, 2019, Iss. 2, pp. 82–90. DOI: 10.17586/2310-1172-2019-12-2-82-90.
6. Komaristiy, E. N. Information-model complex for researching the civil air transportation market [*Informatsionno-modelnyi kompleks dlya issledovaniya rynka grazhdanskikh aviaperevozok*]. Novosibirsk, IEOPP SO RAS, 2006, 144 p. ISBN 5-89665-125-2.
7. Komaristiy, E. N. Mathematical approaches to the analysis of demand for passenger air transportation [*Matematicheskie podkhody k analizu sprosa na passazhirskie aviaperevozki*]. *Marketing i marketingovie issledovaniya*, 2004, Iss. 3, pp. 10–16. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9270850> [limited access].
8. Shchetinin, E. Yu. Study of the impact of the Covid-19 pandemic on international air transportation. *Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science*, 2021, Vol. 29, Iss. 1, pp. 22–35. DOI: 10.22363/2658-4670-2021-29-1-22-35.
9. Kravtsov, S. V. Analysis of the possibilities of implementing public-private partnership projects in certain segments of the Russian air transportation market [*Analiz vozmozhnostei realizatsii proektov gosudarstvenno-chastnogo partnerstva v otdelnykh segmentakh rynka aviaperevozok Rossii*]. *Gumanitarnie i sotsialno-ekonomicheskie nauki*, 2021, Iss. 6 (121), pp. 108–113. DOI: 10.18522/1997-2377-2021-121-6-108-113.
10. Savelieva, Yu. V. The Russian market of passenger air transportation under the conditions of economic instability [*Rossiiskiy ryok passazhirskikh aviaperevozok v usloviyakh ekonomicheskoi nestabilnosti*]. In: *Friendship without borders: myth or reality. Proceedings of International Scientific-practical conference «Public Chamber of the Russian Federation; All-Russian public movement «Mothers of Russia»; Institute of Friendship of the Peoples of the Caucasus»*. Stavropol, 2017, pp. 508–510. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32524718&pf=1>. Last accessed 17.11.2022.
11. Moskvina, Sh. The development of civil aviation reveals a new round of problems [*Razvitie grazhdanskoi aviatsii obnaruzhivaet noviy vitok problematiki*]. *Ekonomika i zhizn*, 2014, Iss. 11 (9527). [Electronic resource]: <https://www.eg-online.ru/article/241708/?ysclid=lc6c2sik1103823143>. Last accessed 17.11.2022.
12. Kulyasov, V. M., Mukhametzhanova, A. O. Global passenger airflows in a pandemic crisis [*Mirovie passazhirskie aviapotoki v usloviyakh pandemiinogo krizisa*]. *Aviatsionnie sistemy*, 2021, Iss. 8, pp. 2–43. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47116440> [limited access].
13. Kruglova, E. Yu. Civil aircraft market forecast. *Rossiiskiy vneshneekonomicheskii vestnik*, 2015, Iss. 10, pp. 104–115. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24899635&ysclid=lc6c2sik1103823143>. Last accessed 17.11.2022.
14. Samoylov, I. A., Stradomskiy, O. Y., Borodin, M. A., Lesnichiy, I. V., Samoylov, V. I. Tendencies and forecasts of development of the market of air service and park of airlines. Results of the last decade. *Nauchniy vestnik GosNII GA*, 2011, Iss. 1 (312), pp. 14–19. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20145059&ysclid=lc6c19q1jq150620564>. Last accessed 17.11.2022.
15. Andribet, P., Baumgartner, M., Garot, J.-M. Reinventing European air traffic control based on the COVID-19 pandemic experience. *Utilities policy*, 2022, Vol. 75, 101343. DOI: 10.1016/j.jup.2022.101343.
16. Khachatryan, G. A. Forecasting of capacity of air transportation in Armenia. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika*, 2016, Iss. 12, pp. 149–161. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27810648&ysclid=lc6cn2uh8f525805944>. Last accessed 24.11.2022.
17. Kitov, V. V., Mishustina, M. V., Ustyuzhanin, A. O. Time series prediction survey of statistical, machine learning and deep learning methods: historical aspects. *Voprosy Istorii*, 2022, Vol. 4 (2), pp. 201–218. DOI: 10.31166/VoprosyIstorii202204Statyi40. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48412303> [limited access].
18. Petukhova, A. V., Kovalenko, A. V. Methods for forecasting the development of complex systems using the theory of fuzzy cognitive map. *Computational Mathematics and Information Technologies*, 2022, Vol. 1, Iss. 2, pp. 81–95. DOI: 10.23947/2587-8999-2022-1-2-81-95.
19. Baykal, T., Ergezer, F., Terzi, S. Airport passenger forecast with time series: case of study Samsun Çarşamba Airport. *Journal of Innovative Transportation*, 2021, Vol. 2, Iss. 1. DOI: 10.53635/jit.958682.
20. Ghosh, R., Terekhov, I. Future Passenger Air Traffic Modelling: Trend Analysis of the Global Passenger Air Travel Demand Network. AIAA 2015–1642. Session: Systems Engineering I, 2015. DOI: 10.2514/6.2015-1642.
21. Ghosh, R., Kölker, K., Terekhov, I. Future Passenger Air Traffic Modelling: A theoretical Concept to integrate Quality of Travel, Cost of Travel and Capacity Constraints. 19th World Conference of the Air Transport Research Society (ATRS), Singapore, 2015. [Electronic resource]: https://www.researchgate.net/publication/285577429_Future_Passenger_Air_Traffic_Modelling_A_theoretical_Concept_to_integrate_Quality_of_Travel_Cost_of_Travel_and_Capacity_Constraints. Last accessed 17.11.2022.
22. Chudy-Laskowska, K., Pisula, T. Seasonal Forecasting for Air Passenger Traffic. *Proceedings of the 4th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM*, 2017, pp. 681–692. DOI: 10.5593/sgemsocial2017/14/S04.089.
23. Wang, J., Liu, X., Ding, J. Air passenger travel forecasting model based on both dynamical individual behavior and social influence force. *Journal of Algorithms & Computational Technology*, 2019, Vol. 13. DOI: 10.1177/1748302619881392.
24. Solvoll, G., Mathisen, T., Welde, M. Forecasting air traffic demand for major infrastructure changes. *Research in Transportation Economics*, 2020, Vol. 82, art. 100873. DOI: 10.1016/j.retrec.2020.100873.
25. Suryan, V. Econometric Forecasting Models for Air Traffic Passenger of Indonesia. *Journal of the Civil Engineering Forum*, 2017, Vol. 3, Iss. 1. DOI: 10.22146/jcef.26594. ●

Information about the author:

Sushko, Olga P., Ph.D. (Economics), Associate Professor of Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia, o.sushko@mstuca.aero.

Article received 18.11.2022, approved 27.12.2022, accepted 29.12.2022.





REVIEW ARTICLE

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-8>

Building Flexible Systems of Digital Interaction between Transport Process Participants in a Changing Environment



Elena Z. MAKEEVA



Anna S. RYCHKOVA

*Elena Z. Makeeva*¹,
*Anna S. Rychkova*²

¹ Russian University of Transport, Moscow, Russia.

² «Digital Transformation» autonomous non-profit organisation, Moscow, Russia.

✉ ² martynova.annas@yandex.ru.

ABSTRACT

The transport industry is currently undergoing profound changes. They are related both to overcoming the consequences of the pandemic, and – in the longer term – to the fundamental transformation due to the ongoing process of digitalisation.

Services created for intelligent traffic flow management, monitoring of infrastructure facilities, rolling stock, customer relations, digital platforms will most probably remain drivers of the ongoing digital transformation of the transport industry in the near future. From the point of view of digital technologies, the main ones

include artificial intelligence, blockchain, the Internet of things, big data.

Considering the vastness of the topic, the paper highlights the key, from the point of view of the authors, issues of experience and tasks of creating systemic, end-to-end digital platform solutions in the Russian transport industry, as well as on the example of railway transport (including at the corporate level), classification of already implemented solutions and promising areas of digital change in the transport and logistics industry.

Keywords: transport, digitalisation, transport infrastructure, digital technologies, economic development, railway transport.

For citation: Makeeva, E. Z., Rychkova, A. S. Building Flexible Systems of Digital Interaction between Transport Process Participants in a Changing Environment. *World of Transport and Transportation*, 2022, Vol. 20, Iss. 6 (103), pp. 190–196. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-8>.

The text of the article originally written in Russian is published in the first part of the issue.
Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

INTRODUCTION

The transport and logistics industry despite the significant success in introduction of new technologies has a significant potential of adaptation and development in the context of digitalisation; it is to a certain extent still at the stage of digital transformation. The implementation of this concept is complicated by a large amount of data that needs to be reconstructed, and by a significant number of operations that can be digitised, especially given the integration of transportation processes within a single supply chain involving suppliers, shippers, consignees, and end customers. «The transport sector must connect to a new ecosystem in which the boundaries between the stages of production, transportation, and consumption are practically seamless. Data flows are the basis of digital logistics» [1].

The *objective* of the research is to study trends and directions of digital transformation in the field of transport, considering the impact of the fourth industrial revolution, the speed of change and creation of digital platform solutions that ensure effective interaction between the participants in the transportation process and the entire supply chain.

The *methods* of analysis, synthesis and classification helped to generalise the existing empirical experience in creating end-to-end digital platform solutions in the transport industry of Russia, at the level of the largest companies (using the example of JSC Russian Railways) and for modes of transport (using the example of railway transport), is generalized, and to suggest a basic classification of directions of digital changes in the transport and logistics industry and to present examples of their implementation.

RESULTS

Industry Integrated Digital Platform Solutions

One of the most important tasks of the transport system is to ensure the maximum efficiency of functioning of the transport and road complex by improving quality of meeting the needs of the economy and the population in safe and efficient transport services.

The solution of these tasks should be achieved «due to two mutually complementary areas of activity: development of transport infrastructure and introduction of technologies» [2] of the organisational management of

transport systems using modern information, telecommunication and telematic technologies.

The industry has made significant systemic efforts towards digitalisation.

The Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035¹ contains special sections devoted to the areas of digital transformation of transport (including main directions of digitalisation of the transport complex, creation and development of integrated transport services, digitalisation of vehicles, digitalisation of transport infrastructure, digitalisation of activity of authorities in the field of the transport industry), the main stages of the digital transformation of transport. They contain a comprehensive description of directions, tasks, mechanisms for the digital transformation of the transport and logistics industry.

The priorities, goals, and objectives of digitalisation of transport and logistics are based on the national program «Digital Economy of the Russian Federation until 2024»², which includes several federal projects.

In 2019, the departmental project of the Ministry of Transport of the Russian Federation «Digital Transport and Logistics» was approved³, closely integrated with implementation of the Comprehensive Plan for Modernisation and Expansion of the Trunk Infrastructure for the period up to 2024⁴. The project included 35

¹ Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period until 2035. Approved by the Order of the Government of the Russian Federation of November 27, 2021, No. 3363-r. [Electronic resource]: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZIOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf>. Last accessed 19.12.2022.

² Passport of the national project «National Program «Digital Economy of the Russian Federation», approved by the minutes of the meeting of the Presidium of the Council under the President of the Russian Federation for Strategic Development and National Projects dated June 4, 2019, No. 7. [Electronic resource]: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_328854/. Last accessed 19.12.2022.

³ The government commission approved the project of the Ministry of Transport of Russia ««Digital transport and logistics» [Electronic resource]: <https://www.dtla.ru/news/pravitelstvennaya-komissiya-odobrila-proekt-mintransarossii-tsfrovoy-transport-i-logistika/>. Last accessed 19.12.2022.

⁴ Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation No. 2101-r dated September 30, 2018 (as amended by Decrees of the Government of the Russian Federation No. 1844-r dated August 17, 2019, No. 610-r dated March 13, 2020, No. 1747-r dated July 4, 2020, dated 02/20/2021 No. 430-r, dated 12/28/2021 No. 3896-r, dated 04/13/2022 No. 855-r, dated 12/09/2022 No. 3867-r). [Electronic resource]: <http://government.ru/docs/all/118785/>. Last accessed 19.12.2022.



activities divided into 7 main areas: transformation of cargo transportation; cross-border interaction; passenger transportation with a variety of digital services and a single electronic ticket; digital transport infrastructure; safety; ecology and meteorology; unmanned vehicles².

From January 1, 2020, within the framework of the state program of the Russian Federation «Development of the transport system», the direction (subprogram) «Digital transport and logistics»⁵ has been implemented. Being one of 9 directions of the state program, it includes the following structural elements⁶: the federal project «Transport and logistics centres», the departmental project «Formation of a network of transport and logistics centres», the departmental target program «Digital platform of the transport complex of the Russian Federation»⁷.

In 2021, the industry Strategy for digital transformation of the transport industry of the Russian Federation was approved⁸. The document was approved by the protocol of the Presidium of the Government Commission for Digital Development and was discussed at the Federation Council. The strategy includes six key initiatives of the Ministry: «UAVs for Passengers and Cargo», «Green Digital Passenger Corridor», «Seamless Cargo Logistics», «Digital Management of the Transport System of the Russian Federation», «Digitalisation for Transport Security», «Digital Twins of Transport Infrastructure Objects». The implementation of the strategy is based on the priority use of domestic software and the massive use of artificial intelligence technology⁹. The leaders

and experts of more than 200 enterprises of various industries were involved in development of the strategy. To prepare the document, a steering committee was formed with the Digital Transport and Logistics Association⁷, which continued to work on implementation of the projects within the strategy.

The Digital Transport and Logistics Association (DTL) was established in 2019 with the support of the Ministry of Transport of the Russian Federation by JSC Russian Railways, Aeroflot-Russian Airlines, RT-Invest Transport Systems, ZashchitaInfoTrans, GLOSAV and Aviatelecominvest. The same year, the State Corporation for Air Traffic Management in the Russian Federation and Azimuth (part of Rostec State Corporation) joined the Association, in 2020 it was joined by TransTeleCom Company and the State Company Russian Highways (Avtodor), in 2021 by OZON, MegaFon, Rosmorport, JSC GLONASS, Centre for organising traffic unmanned vehicles (COM UV is a joint venture with Rostec, Diginavis and Project 7), Datapax and United Transport and Logistics Company – Eurasian Railway Alliance (UTLC ERA). The strategic partners of DTL are the State Transport Leasing Company (STLC) and the SMARTS company. Partners comprise, in particular, ANO Tsifrovaya ekonomika, the Association of Commercial Sea Ports (ASOP), Innopolis University and others¹⁰. The goal of DTL is «to create and develop a single multimodal digital transport and logistics space on the territory of the Russian Federation in the interests of participants in the transport and logistics market based on development and implementation of new digital technologies, as well as combining efforts and integrating programs of industry companies and the state»⁸.

The Main Directions of Digitalisation of the Transport and Logistics Industry

Digitalisation of transport and logistics is a complex process that involves integration of individual solutions into intelligent systems. As the researchers note, «the largest transport companies that create separate intelligent digital systems for themselves integrate them into the smart city, digital railway, etc. ecosystems; they include «smart roads» with digital solutions for collecting and processing data on vehicles and

⁵ Decree of the Government of the Russian Federation of March 30, 2021, N 483 «On amendments to the state program of the Russian Federation «Development of the transport system»». [Electronic resource]: <https://docs.cntd.ru/document/603366910>. Last accessed 19.12.2022.

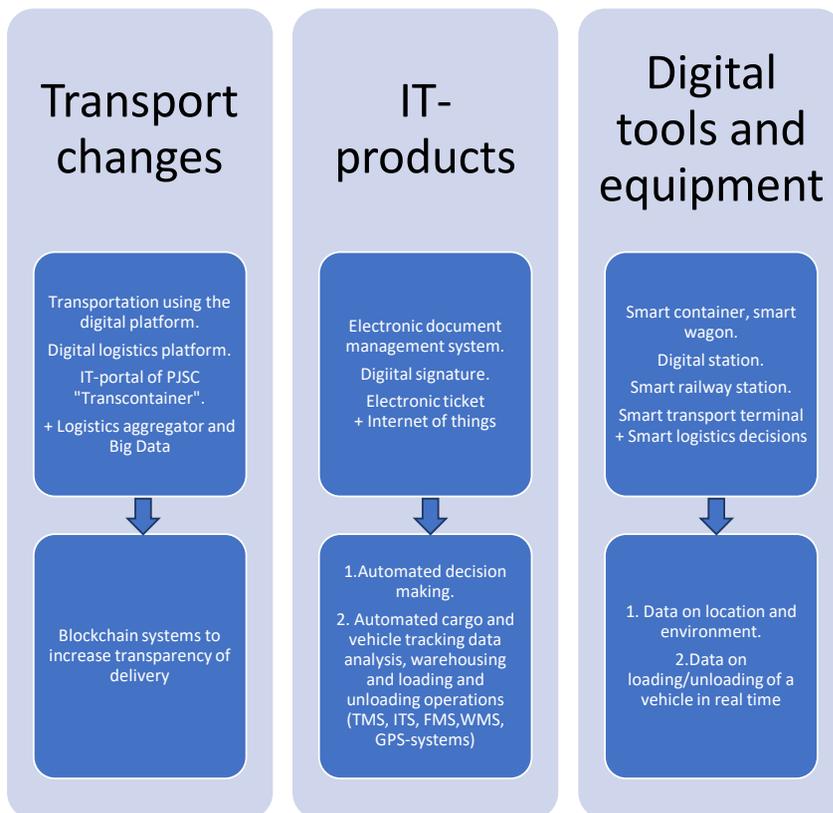
⁶ Portal of the state programs of the Russian Federation. [Electronic resource]: https://programs.gov.ru/Portal/pilot_program/24/elements/179e46eb-04d9-43ad-8f07-62107c8220bd. Last accessed 19.12.2022.

⁷ Departmental target program of the Ministry of Transport of the Russian Federation «Digital platform of the transport complex of the Russian Federation». [Electronic resource]: <https://mintrans.gov.ru/file/435210>. Last accessed 19.12.2022.

⁸ Passport of the strategy for digital transformation of the transport industry of the Russian Federation. [Electronic resource]: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11374>. Last accessed 19.12.2022.

⁹ The Ministry of Transport of Russia has developed the departmental Strategy for digital transformation. [Electronic resource]: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/9985>. Last accessed 19.12.2022.

¹⁰ ANO DTL website. [Electronic resource]: <https://dtla.ru/company/>. Last accessed 19.12.2022.



Pic. 1. Vectors of transport digitalization [compiled by the authors].

road infrastructure, such as «smart traffic lights», parking meters, video surveillance and warning systems [3], etc. Also, transport changes cannot bypass the use of drones, which «allows solving the problem of the «last mile», that is, the stage of delivery to the end consumer, including to hard-to-reach regions, they are in demand even now in the absence of ground infrastructure» [4].

Intelligent Transport System (ITS) can be defined as a management system that «integrates modern information and telematic technologies. ITS is designed for automated search and acceptance for implementation of the most effective scenarios for managing the transport and road complex of the region, a specific vehicle or group of vehicles in order to ensure a given mobility of the population, maximize the use of the road network, improve safety and efficiency of the transport process, comfort for drivers and transport users»¹¹.

The Transport Strategy of the Russian Federation¹ introduces the concept of a «national

¹¹ GOST [Russian state standard] R 56294-2014. National standard of the Russian Federation «Intelligent transport systems. Requirements for functional and physical architectures of intelligent transport systems». [Electronic resource]: <https://docs.cntd.ru/document/1200115739>. Last accessed 19.12.2022.

network of intelligent transport systems on public roads», which is understood as a «territorially distributed system consisting of interrelated elements of information technology, organisational, methodological, personnel, legal and regulatory nature, uniting existing and created in compliance with uniform rules intelligent transport systems into a single network with an optimised topology and a single development plan»¹⁰.

Intelligent transport systems, besides solving immediate technological industry problems, serve as an important tool for achieving the goals of a broader economic and social order (for example: [5]): reducing accidents, increasing the efficiency of public transport and cargo transportation, ensuring overall transport safety and security, and improving environmental performance.

The Transport Strategy defines it as follows: «Intelligent transport systems make it possible to increase safety of transportation, optimise routes, increase the transit capacity of the transport system, reduce the costs of maintaining, repairing infrastructure and transportation in general, as well as planning the integrated



development of transport infrastructure, including the infrastructure for managing highly automated and autonomous transport, charging and refuelling infrastructure of «green» transport – transport that has a minimal impact on the environment»¹.

In technical, technological, and organisational terms, at the present stage, three main directions (vectors) of transport digitalisation can be distinguished (Pic. 1):

1. Transport changes.
2. IT products.
3. Digital tools and equipment.

The first vector is creation of transport exchanges in the format of a logistics aggregator. As the researchers note, «the objective of creating digital platforms is interaction between customers and contractors» [6].

The second vector is creation of personalised IT products. In the current realities, customers absolutely do not need numerous software products, the interaction between which is difficult, and sometimes impossible, to be organised without significant distortions. A single multifunctional application is the most convenient tool for the user. The solution of any problem, including making managerial decisions within a single service, is a promising outlook for personalised IT products.

Gradually, digital platforms and Internet platforms are replacing traditional services due to formation of a single information space, creation of a user-friendly interface and operational flexibility. «Digital platforms based on distributed ledger technologies are widely in demand for transactions and cargo transportation, and the Internet of Things integrates data and devices into a single environment everywhere in logistics, allowing tracking movement of goods at all stages of the supply chain, as well as combining different modes of transport depending on the type of product, traffic situation, etc.» [7].

The third vector is digitalisation of machinery and equipment for smooth operation of goods at all stages of the supply chain (for example, «smart terminal»). In the future, there is an opportunity to develop a system of «vehicle dispatcher – vehicle user» and similar ones.

Main Trends in Digitalisation of Railway Transport

Digitalisation is the reason for major changes in railway transport. Global trends refer to improvement of rolling stock, modernisation and

unification of signalling and control systems, traffic management, automating the processes of maintaining infrastructure and repairing rolling stock, introducing intelligent systems for predicting the need for repairs, and many others. All these directions are developed successfully in Russia [for example, [8]]. One of the key results of successful digitalisation should become the increase in transit capacity without increasing the physical infrastructure.

It is important to note that intelligent tools in all areas of transport digitalisation are customer-oriented and ready to adaptation to increased interaction of all participants in the transportation process.

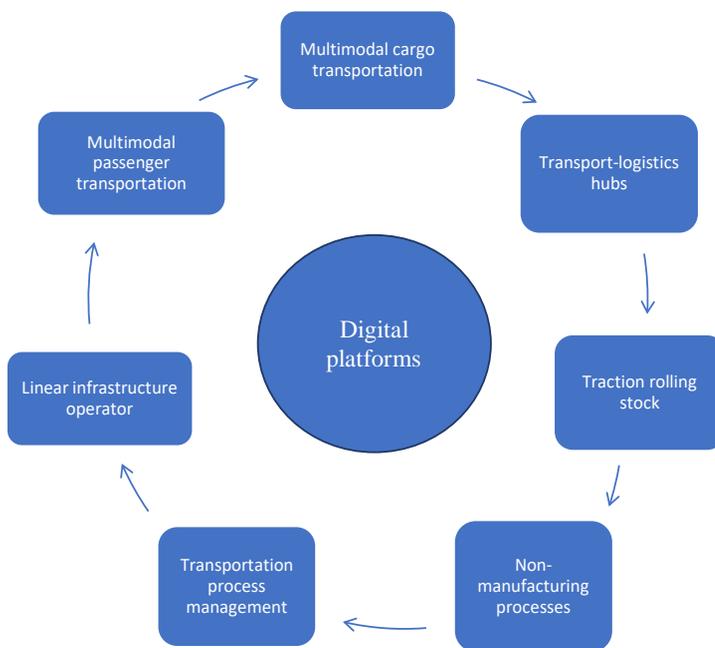
Directions of Digital Transformation of JSC Russian Railways

Russian Railways Holding Company is the largest transport company in the Russian Federation and on the European continent. The significance of the company is manifested not only in the size of the business, determined by the amount of cargo transported and passenger traffic, but also in high social responsibility.

The platform approach became the basis for implementation of the company's digital transformation strategy. The main advantage of the platform approach is the full coverage of all existing areas of the company's activities. These segments are the foundation for development of services that provide the economic effect that was originally included in the strategy (Pic. 2):

JSC Russian Railways, as well as the entire Russian Railways Holding Company, was actively engaged in development of electronic trading platforms both for interaction with passengers (electronic ticketing) and for working with partners (cargo transportation). A fault detection system was implemented using neural network technologies and machine learning. Besides, an information service for monitoring fulfillment of obligations under contracts (based on smart contracts) was introduced.

Russian Railways Holding Company sets itself ambitious goals. Among other development strategies, digitalisation has one very important advantage: the maximum avoidance of human influence as a factor in making erroneous decisions. Digitalisation of business processes and applied technologies is a contribution to the future of the company, its competitive advantage.



Pic. 2. Platforms for digital transformation of Russian Railways holding company. Compiled based on the information of the Website rzddigital. [Electronic resource]: <https://rzddigital.ru/platforms/>. Last accessed 19.12.2022.

CONCLUSION

Main Promising Areas of Digitalisation of the Transport and Logistics Industry

Digitalisation is a successful basis for modifying and modernising conventional technological processes, increasing the efficiency of transportation activities. This is noted by most researchers [for example: [9–12]], including when conducting an in-depth analysis of the prospects for development of certain modes of transport, for example, maritime transport [13]. The promising and potentially successful areas of digital transformation of the transport and logistics industry include:

1) Active development of information services and products with parallel digitalisation of all the equipment and machines.

2) Widespread use of the Internet of Things, blockchain and artificial intelligence to directly ensure the safety of transportation and build seamless supply chains [14–16].

3) Using Big Data to improve data processing speed.

4) Implementation of digital simulation adapted to the requirements of each client, in the format of digital platforms and intelligent interaction.





5) Using the possibilities of digitalisation to increase customer focus, include users of transport services into the digital ecosystem of transport [17–18].

Using the possibilities of digitalisation makes it possible to build flexible systems of interaction between participants in the transportation process in a changing external environment to improve interaction with customers, develop new business models and achieve the goals of transport and logistics companies.

REFERENCES

1. Abdrakhmanova, G. I., Bykhovskiy, K. B., Veselitskaya, N. N., Vishnevskiy, K. O., Gokhberg, L. M. [et al]. Digital transformation of industries: starting conditions and priorities [Tsifrovaya transformatsiya otraslei: startovye usloviya i priority]: leader of the author's team P. B. Rudnik; scientific editor L. M. Gokhberg, P. B. Rudnik, K. O. Vishnevskiy, T. S. Zinina; report for XXII April International scientific conference on problems of development of economy and priorities, Moscow, April 13–30, 2021. National Research University «Higher School of Economics», Moscow, Publishing house of Higher School of Economics, 2021, 239 p.
2. Pokrovskaya O. D., Fedorenko R. V., & Khramtsova, E. Formation of Transport and Storage Systems. In: International Scientific Conference «Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development». *The European Proceedings of Social and Behavioural Sciences*, 2019, Vol. 47. DOI: <https://doi.org/10.15405/epsbs.2019.03.123>.
3. Bilenko, A. V., Mednikova, O. V. Digitalisation in transport: providing opportunities for development. *Vestnik MMA*, 2020, Iss. 1–2, pp. 128–135. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44712931>. Last accessed 24.03.2022.
4. Razumova, Y. V. & Levine, E. P. (2019). Digitalization of the transport and logistics market: Integration of information systems. Russian experience in introducing digital technologies in the organization of logistics processes. *Amazonia Investiga*, 8(22), 269–279. [Electronic resource]: <https://amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/428>. Last accessed 22.03.2022.
5. Grebenkina, S. A., Grebenkina, I. A., Blagodir, A. L. Intellectual transport systems as a factor of social and economic development. *Vestnik PNIPU. Sotsialno-ekonomicheskie nauki*, 2020, Iss. 2, pp. 317–329. DOI: 10.15593/2224-9354/2020.2.23.
6. Pokrovskaya, O. Terminalistics as the methodology of integrated assessment of transportation and warehousing systems. In A. D. Abramov, A. L. Manakov, A. A. Klimov, V. I. Khabarov, V. I. Medvedev (Ed.), X International Scientific and Technical Conference «Polytransport Systems». *MATEC Web of Conferences*, 2018, Vol. 216, (02014). Les Ulis: EDP Sciences. DOI: 10.1051/mateconf/201821602014.
7. Tolstykh, T., Shkarupeta, E., Purgaeva, I., & Fedorenko, R. (2019). Transformation of positions, competences and skills in the digital economy industry.

In V. Mantulenko (Ed.), International Scientific Conference «Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development». *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences*. DOI: <https://doi.org/10.15405/epsbs.2019.03.94>.

8. Rosenberg, E. N., Rosenberg, I. N., Ozerov, A. V. Integrated solutions to increase the capacity of railways [Kompleksnie resheniya po povysheniyu propusknoi sposobnosti zheleznikh dorog]. *Proceedings of JSC NIIS*. Collection of articles, 2021, Vol. 1, Iss. 11, pp. 32–47. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49344908>. Last accessed 22.03.2022.

9. Aptekman, A., Kalabin, V., Klintsov, V. [et al]. Digital Russia: new reality [Tsifrovaya Rossiya: novaya realnost]. McKinsey, 2017, 133 p. [Electronic resource]: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/russia/our%20insights/digital%20russia/digital-russia-report.ashx>. Last accessed 24.03.2022

10. Dybskaya, V. V., Vinogradov, A. B. Promising Directions for the Logistics Service Providers Development on the Russian Market in Times of Recession. *Transport and Telecommunication*, 2018, Vol. 19, Iss. 2, pp. 151–163. DOI: 10.2478/tj-2018-0013.

11. Litman, T. A. Introduction to Multi-Modal Transportation Planning. Principles and Practices. Victoria Transport Policy Institute, 23 April 2021, 21 p. [Electronic resource]: https://www.vtpi.org/multimodal_planning.pdf. Last accessed 15.04.2021.

12. Mashkina, N., Belyaeva, E., Obukhova, A., Belyaeva, O. Digitalization of The Transport Industry in The Context of Globalization of The World Economy. *SHS Web of Conferences*, 2021, Vol. 92, art. 05020. DOI: 10.1051/shsconf/20219205020.

13. Tijan, E., Jovic, M., Aksentijevic, S., Pucihar, A. Digital transformation in the maritime transport sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 2021, Vol. 170, art. 120879. DOI: 10.1016/j.techfore.2021.120879.

14. Viriyasitavat, W., Xu, L. D., Bi, Z., Pungpapong, V. Blockchain and Internet of Things for Modern Business Process in Digital Economy – the State of the Art. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, 2019, Vol. 6, No. 6, pp. 1420–1432. DOI: 10.1109/TCSS.2019.2919325.

15. Treiblmaier, H., Mirkovski, K., Lowry, P. B., Zacharia, Z. G. The physical internet as a new supply chain paradigm: a systematic literature review and a comprehensive framework. *The International Journal of Logistics Management*, 2020, Vol. 31, No. 2, pp. 239–287. <https://doi.org/10.1108/IJLM-11-2018-0284>.

16. Becha, H. [et al]. Global dData Exchange Standards: The Basis for Future Smart Container Digital Services. In: *Maritime Informatics*. Springer, Cham, 2021, pp. 293–307. First Online: 15 November 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-50892-0_18.

17. Esztergár-Kiss, D., Kerényi, T. Creation of mobility packages based on the MaaS concept. *Travel Behavior and Society*, 2020, Vol. 21, pp. 307–317. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2019.05.007>.

18. Keuchel, S. Digitalisation and automation of transport: A lifeworld perspective of travellers. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 2020, Vol. 7, art. DOI: 100195. 10.1016/j.trp.2020.100195. ●

Information about the authors:

Makeeva, Elena Z., Ph.D. (Economics), Associate Professor, Head of the Department of International Financial and Managerial Accounting of Russian University of Transport, Moscow, Russia, e_polyachenko@mail.ru.

Rychkova, Anna S., Analyst of Autonomous non-profit organisation (ANO) «Digital Transformation», Moscow, Russia, martynova.annas@yandex.ru.

Article received 31.03.2022, updated 19.12.2022, approved 27.12.2022, accepted 29.12.2022.



News of Transport Industry in November–December 2022

ABSTRACT

Our Journal publishes a selection of materials prepared based on news reports of the press centre of the Ministry of Transport of the Russian Federation and dedicated to several significant events of the past two months and some results of the entire 2022. The information refers to implementation of the national project «Safe High-Quality Roads», supply of new rolling stock for urban public passenger transport systems, modernisation, and safety of roads in general and on tourist routes, the impact of implementation of

the national project on assessment of quality and accessibility of roads by public opinions. The information also covers issues of introducing new intelligent transport systems in cities, new legislative regulation of taxi services, the work of the CIS Transport Coordination Meeting, and reconstruction of the border crossing between Russia and Azerbaijan. In terms of the activities of the transport education system, attention is drawn to the past competitions of transport universities.

Keywords: highways, tourist routes, road safety, intelligent transport systems, urban public transport, international transport cooperation, border crossings, transport education.

National project «Safe High-Quality Roads» Tourist routes

In 2022, due to the national project «Safe High-Quality Roads», the pavement was updated on more than 400 sections of regional and local roads leading to various attractions. Their total length was over 2 thousand km.

«The development of domestic tourism gives an incentive to the economic growth of the regions: new jobs are being created, local crafts are being supported. Thanks to the national road project, the roads along which popular tourist routes pass are constantly updated. This season alone, a new pavement has appeared on another 418 objects», said Marat Khusnullin, Deputy Prime Minister of the Russian Federation.

Transport accessibility is as important for travellers as service and comfortable accommodation. That is why, from the very beginning of implementation of the national project, special attention has been paid to roads to tourist sites. From 2019 to 2021, over 800

facilities with a total length of over 4000 km were repaired.

In Irkutsk region, this year Irkutsk–Bolshoe Goloustnoye highway has been completely brought to the conditions meeting the standards. This is one of the most popular routes to Lake Baikal in the region. Major repairs have been carried out here since 2017, in November 2022 the last section of the route was put into operation – from 98th to 114th km.

In the Republic of Mari El, 32 km of Sernur–Kazanskoye–Kuknur highway was repaired, which leads to the village of Kuknur in Sernur district. Here are the possessions of the Mari Father Frost named Yushto Kugyz. On the section from 0 to 19th km, specialists laid new asphalt concrete, strengthened roadsides with crushed stone, installed side stones and equipped bus stops.

On the same road, repairs were carried out in parallel on the segment from 31st to 43rd km. The contractor not only replaced the pavement of the

For citation: News of Transport Industry in November-December 2022. World of Transport and Transportation, 2022, Vol. 20, Iss. 6 (103), pp. 197–202. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-9>.

The full text of the editorial in Russian is published in the first part of the issue.

Полный текст редакционной публикации на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.



roadway and updated the culverts but completed the entire range of works aimed at improving safety: new signs and signal posts were installed at the facility, markings were applied. Earlier, in 2019, a 10-kilometer section of Sernur–Kazanskoye–Kuknur highway (from 21st to 31st km) was brought to the condition meeting the standards.

In Vladimir region in 2022, more than 130 km of roads were repaired as part of the national project, including those to the historical town of Murom, merchant Gorokhovets, princely Yuryev-Polsky, and Suzdal described in chronicles. In particular, 15 km of Murom–Volga highway in Gorokhovetsky district, which provides transport links to the oldest cities of Vladimir region: Murom and Gorokhovets, has been brought to the condition meeting the standards this year. The track is part of a new unique route «Epic Way». This is the path of Russian heroes from Murom to Gorokhovets, with visits to key points – Murom, the village of Karacharovo, Gorokhovets.

Deliveries of urban passenger transport

Deliveries of ground public passenger transport to urban agglomerations have been completed as part of the national project «Safe High-Quality Roads», scheduled for 2022.

In total, in accordance with the annual plan, 353 vehicles were transferred to regional carriers for operation in 9 urban agglomerations (330 buses to Astrakhan, Kursk, Nizhny Novgorod, Perm, Sochi, Ulan-Ude and Chelyabinsk agglomerations, 23 trolleybuses to Novosibirsk and Bryansk).

The implementation of the road national project in terms of modernisation of urban passenger transport makes it possible to update regional fleets with a high level of equipment wear and tear. The large-scale supply of new and convenient public vehicles directly affects improvement of quality of transportation services and increase in mobility of the population. In 2023–2024, another 808 vehicles are scheduled to be delivered to 19 urban agglomerations.

The program has been implemented by JSC «State Transport Leasing Company» (STLC) since 2020 using the leasing mechanism and state support in the form of subsidies from the Ministry of Transport of Russia. Due to co-financing from the federal budget, regional carriers lease environmentally friendly and comfortable vehicles suitable for people with disabilities at a significant discount.

The total investment in purchase of vehicles under the 2022 program amounted to 6,3 billion rubles, of which 2,7 billion rubles falls on budget funding.

Since 2020, just during two years, thanks to the federal project «Development of Public Transport», 1131 vehicles have been delivered to 19 agglomerations.

Preliminary results of road maintenance and repair works in 2022 and road safety issues

In 2022, road works were carried out at 5,9 thousand facilities of the national project «Safe High-Quality Roads», about 16,8 thousand km of roads were brought to the condition meeting all necessary standards.

The actual area of new surfacing layers exceeded 135 million square meters. About 420



billion rubles were allocated from the budgets of all levels for development of regional and local roads.

Particular attention in implementation of the national project is given to sites leading to socially significant facilities. In 2022, over 1 thousand road facilities (3,2 thousand km) leading to educational and children's leisure institutions were updated, as well as 181 sections with a length of 725,2 km leading to sports and recreation centres and 726 roads (3,6 thousand km) to medical institutes.

Thanks to the national project, new main streets, bypasses of cities are being built, artificial structures of grandiose scale and significance are being erected. So, in 2022, more than 430 bridges located on the regional and local road network were included in the work program. It was possible to make about 30 thousand linear meters fully compliant with standards instead of the planned 16,3 thousand linear meters, that is almost 2 times more.

The construction and reconstruction of sections of federal highways is also underway. In 2022, such work was carried out on 229 km of roads administered by Rosavtodor, as well as on 60,3 km of toll roads of the Avtodor State Corporation. About 300 billion rubles of federal funds were allocated for these purposes.

Today, one of the priority tasks of the national project is to reduce road accidents. By 2030, road traffic death rates should decrease by 3,5 times. To achieve this goal, measures are provided to ensure not only high-quality pavement, but also arrangement of road infrastructure elements.

To ensure safety in 2022, almost 195 thousand road signs were installed along with

about 1,4 million linear meters of barrier and more than 222 thousand linear meters of pedestrian barriers, about 2,3 thousand traffic lights and 546 thousand linear meters of stationary lighting. Over 21,6 million linear meters of marking were applied to the roadway, and more than 1,5 million linear meters of sidewalks were arranged along the roads.

In addition, to improve safety, within the framework of the federal project «System-wide measures for development of the road economy», measures were taken in 42 territorial entities to introduce intelligent transport systems. The work was carried out in 49 urban agglomerations. Funding at the amount of 7,35 billion rubles was provided for these purposes.

More than half of Russians are satisfied with quality and accessibility of roads

Thanks to the national project «Safe High-Quality Roads», development of the road network continues in Russia, and positive changes are noted by the population of the country's regions: 52 % of residents are satisfied with quality and accessibility of roads, and note improvements in the road transport infrastructure.

The data was obtained during a study conducted in December 2022 by the All-Russian Public Opinion Research Center (VTsIOM). 170 thousand respondents took part in the survey.

The respondents consider the increase in the volume and quality of road repairs, the construction of new routes and sections of roads, bridges, and transport infrastructure as the main positive changes. Citizens note the efforts of the authorities in terms of providing the population with high-quality, affordable, and safe roads





(first, through implementation of timely high-quality repairs and construction of new roads, interchanges, infrastructure).

More than half of the respondents – 54 % – noted an improvement in quality of roads within settlements over the past year, regarding regional roads this figure was of 62 %.

At the same time, 44 % of survey participants noted an improvement in accessibility of roads within settlements, and more than half of the respondents (51 %) indicated an improvement in accessibility of regional roads.

Recall that by 2030 the share of regional highways in compliance with standard condition should be at least 60 %, the share of the street and road network of agglomerations should be at least 85 %.

The Russian government expanded the program for introduction of intelligent transport systems in the regions

The government continues to support introduction of intelligent transport systems (ITS) in the regions. Such solutions make it possible to automate traffic control processes and, as a result, improve road safety. The federal budget for these purposes in 2023 provides for more than 5 billion rubles.

Government Decree amended the state program «Development of the transport system». New stages of adoption of intelligent transport systems in the cities implementing these projects, as well as their main parameters, have been added to the program.

For example, in such cities it is planned to gradually cover all public transport with information and navigation systems. With their help, people will be able to choose a convenient route and track the transport they need online. It is also planned to connect at least 85 % of traffic lights to traffic control centres. This is necessary to analyse the intensity of transport flows to

provide drivers with the optimal mode of crossing intersections and reduce congestion.

Besides, at least 60 % of parking spaces are expected to be connected to parking space management systems. This solution will help reduce traffic and make it easier for drivers to find empty parking lots.

Also, as part of the program, information boards with data on at least nine parameters should appear on the roads, including weather conditions, repair work and the situation on the roads in general. With their help, drivers will be able to choose the best route and avoid traffic jams.

Work on introduction of ITS is carried out in urban agglomerations with a population of over 300 thousand people. Now 49 cities from 42 regions take part in it, including those from Bashkiria, Buryatia, Udmurtia, Chuvashia, Yakutia, Altai, Zabaikalsky, Krasnoyarsk, Khabarovsk, Belgorod, Voronezh, Kaluga, Kemerovo, Kirov and Kursk regions.

The program has become a logical addition to comprehensive development of road transport infrastructure. Because of the significant increase in traffic in cities, new solutions were required for safety and comfort of people.

The government has allocated 16,5 billion rubles to support passenger rail traffic

16,5 billion rubles have been allocated from the reserve fund of the Government of the Russian Federation to support railway passenger companies. The corresponding order was signed by Prime Minister Mikhail Mishustin.

The funds will be allocated to the owners of the railway infrastructure for providing a preferential tariff to companies that transport passengers in suburban and long-distance trains. The funds will also be used to modernise and purchase new passenger wagons.

The solution will help maintain affordable ticket prices, ensure uninterrupted rail traffic and safety of passengers.

New law on taxi

The new Federal Law «On organisation of transportation of passengers and luggage by passenger taxis in the Russian Federation, on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation and on expiration of certain provisions of legislative acts of the Russian Federation» introduces regulation of the activities of aggregators, their legal relations with taxi carriers and passengers. It also distributes the responsibility of participants in transportation for damage caused as a result of a road traffic accident, creates a legal basis for the work of the self-employed in the industry.

The adoption of the law became a necessity due to the fact that, until recently, the legislation had not regulated the activities of aggregators, their legal relations with passenger taxi carriers and passengers, while the aggregators have become the market driver in recent years, providing a sharp increase in the number of passenger and luggage transportation by passenger taxis. An equally important issue is distribution of responsibility, considering the emergence of new market participants.

The law is primarily aimed at ensuring protection of the interests of passengers and taxi carriers. The specification and legislative consolidation of mandatory requirements for the activities of passenger taxi carriers, taxi ordering services, the admission of self-employed individuals to provision of transportation services, as well as requirements for taxi drivers will create more favourable and safe conditions for citizens to use taxis, as well as will increase the efficiency of business entities' activities in this area.

The federal law introduces several fundamentally new provisions. In particular, it establishes the possibility of obtaining a permit for transportation by passenger taxi by self-employed persons. This will legalise the activities of drivers currently working in the «grey» zone (according to expert estimates, this concerns 25 % of taxi drivers).

For the first time, rights, obligations are defined and, importantly, the responsibility of the aggregators providing services for ordering a passenger taxi is established. In addition, a transition to a registry model for the provision of public services is planned with digitalisation of procedures for admission to transportation by passenger taxis and control over such transportation. The law provides for creation of



three regional taxi registries: a regional register of taxi ordering services, a regional register of passenger taxi carriers, and a regional register of passenger taxis. It is also planned to create a federal state information system for passenger taxis.

The law comes into force on September 1, 2023, except for certain provisions that will come into force on September 1, 2025.

42nd meeting of the Coordinating Transport Conference of the CIS Member States

Representatives of the transport departments of the Republic of Armenia, the Republic of Belarus, the Republic of Kazakhstan, the Kyrgyz Republic, associate members of the CIS CTC, as well as representatives of the CIS Executive Committee, the Eurasian Economic Commission, representatives of business-communities, international and public organisations took part in the event of the CTC, key transport organisation of CIS, that was held on Moscow.





The main attention was paid to the issues of ensuring stable operation of the transport complex in the face of existing constraints and additional challenges in 2022.

The participants considered it important to focus on removing barriers to economic cooperation, developing updated approaches to ensuring transit of goods flows, organising the transportation process along the international transport corridors of the CIS using digital services.

During the meeting, the Minister of Territorial Administration and Infrastructures of the Republic of Armenia Gnel Sanosyan was elected Deputy Chairman of the CIS CTC. Also, according to tradition, awards were presented to representatives of transport departments who participated in the meeting.

Reconstruction of the checkpoint Yarag–Kazmalyar

Cargo transport traffic was launched in the Republic of Dagestan, in a test mode, along five new additional lanes built as part of reconstruction of Yarag–Kazmalyar automobile checkpoint on the border with Azerbaijan. Additional lanes can be used both for the exit of cargo vehicles from the customs territory of the EAEU, and for entry. Now there are 11 lanes for cargo transport at the checkpoint. The possibility of passing up to 1100 trucks per day is provided.

Yarag–Kazmalyar checkpoint, which is part of the North–South international transport corridor, is the busiest on the Russian–Azerbaijani section of the state border and actually operates exceeding the designed capacity by 1,5–2 times. Due to the reconstruction project implemented by the Ministry of Transport of Russia and FGKU Rosgranstroy, the capacity of the border crossing will be increased almost three times.

The planned completion date for Phase II of the project is the 3rd quarter of 2023.

In addition, on the border with Azerbaijan, by the end of 2026, it is planned to modernise Novo-Filya and Tagirkent–Kazmalyar checkpoints, which are also part of the North–South international transport corridor. The development of ITC infrastructure will help strengthen trade and economic ties, optimise the transport and logistics system, create new infrastructure routes and increase the volume of cargo transportation between states.

XII International Spartakiad of Students of Transport Universities

The competitions were held as part of the Transport Week 2022. The solemn closing ceremony of the Spartakiad, held on November 14, 2022, at the House of Physical Education of Russian University of Transport (MIIT), was attended by Deputy Minister of Transport Alexander Poshivai, RUT Rector Alexander Klimov, representatives of the agencies subordinated to the Ministry of Transport and sports communities, students and team coaches.

The largest number of awards in the unofficial team standings was won by students at Ural State University of Railway Transport (UrGUPS) from Yekaterinburg. The second place was taken by the athletes of Russian University of Transport. The third place went to the team of the Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS).

Competitions of the XII International Spartakiad of students of transport universities were held from 12 to 14 November. More than 700 athletes took part in them. 18 teams from 11 cities of the country competed for the victory. The participants competed in 7 sports: chess, swimming, table tennis, mini-football, volleyball, basketball, and boxing.

Compiled based on the news of the press centre of the Ministry of Transport of the Russian Federation:

<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10549>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10572>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10584>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10571>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10566>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10577>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10581>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10514>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10562>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10486> ●



HISTORY WHEEL

**LAW AND
TRANSPORT**

204

The history of establishment, development, and current activities of Moscow interregional transport prosecution office.



**GALLERY
OF NAMES
IN THE HISTORY
OF TRANSPORT**

212

Ivan G. Alexandrov and his transport infrastructure projects.



ARCHIVES

221

How efficiency and maintainability of electric rolling stock were evaluated 110 years ago.





ORIGINAL ARTICLE

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-10>

Topical Issues of Formation and Development of Moscow Interregional Transport Prosecutor's Office



Oleg S. OPENYSHEV



Olga M. ZEMLINA



Dmitry I. YANGEZ

*Oleg S. Openyshev*¹, *Olga M. Zemlina*², *Dmitry I. Yangez*³

¹ *Moscow Interregional Transport Prosecutor's Office, Moscow, Russia.*

² *Russian University of Transport, Moscow, Russia.*

³ *Moscow State University of Sport and Tourism, Moscow, Russia.*

✉ ² zemlina.o@yandex.ru.

ABSTRACT

The objective of the study of issues related to participation of transport prosecutors in solving the problems of ensuring the rule of law in transport is to comprehend the role and significance of the transport prosecutor's office in the history of Russia and at the present stage of its development, to identify the most significant areas of activity of transport prosecutors and effective means of its implementation in the interests of implementing national tasks of socio-economic development, implementation of the provisions of the Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast until 2035.

Based on the application of the historical and legal method, the stages of formation and development of the transport prosecutor's office in Russia are identified, the regular relationships between development of the transport industry and the change in the role and legal status of transport prosecutors are identified, conclusions are drawn regarding the significance of development of the transport prosecutor's office in the modern period and the possibility of using the historical experience of legal regulation of relations with participation of transport prosecutors to solve urgent problems of transport system development.

The formal dogmatic and statistical analysis made it possible to reveal the main areas of activity of transport prosecutors, to formulate, based on

an analysis of the work of Moscow Interregional Transport Prosecutor's Office, conclusions about the most promising forms, methods and means of exercising the powers of transport prosecutors to ensure the rule of law in transport sector.

The use of systemic legal analysis made it possible to analyse the state and prospects for further interaction between Moscow Interregional Transport Prosecutor's Office and departments of Russian University of Transport for formation of a legal culture of future transport specialists, legal education of students and young people, to determine ways and means of solving the problems of civil law education of students using the potential and considering possible correlation of the efforts of the professors of legal disciplines of RUT University and transport prosecutors.

The implementation of individual proposals formulated by the authors can contribute to the increment of scientific knowledge about the role, directions, and forms of work of transport prosecutors, improve further interaction between Moscow Interregional Transport Prosecutor's Office and departments of Russian University of Transport to ensure the rule of law in transport, the implementation of the Cooperation Agreement between Moscow Interregional Transport Prosecutor's Office and Russian University of Transport.

Keywords: transport prosecutor's office, transport specialists, legal culture, legal education.

For citation: Openyshev, O. S., Zemlina, O. M., Yangez, D. I. Topical Issues of Formation and Development of Moscow Interregional Transport Prosecutor's Office. *World of Transport and Transportation*, 2022, Vol. 20, Iss. 6 (103), pp. 204–211. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-10>.

The text of the article originally written in Russian is published in the first part of the issue.
Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

INTRODUCTION

In the context of increasing diversity and complexity of transport relations, expansion of the composition of their participants, associated both with an increase in risks and threats to transport security and security in general, and the emergence of new, innovative types of vehicles, the issues of ensuring the rule of law in transport are of particular importance. Accordingly, the role of the transport prosecutor's office is significantly increasing.

In this regard, the attention paid by representatives of the scientific community, as well as practitioners, to the analysis of the role, to the search for the most effective directions, forms, and methods of work of transport prosecutors is fully justified.

Issues related to prosecutorial activities, the exercise of the powers of transport prosecutors have repeatedly become the subject of research by representatives of the scientific school in Transport Law, created and functioning at the Law Institute of the Russian University of Transport.

In particular, topical issues of prosecutorial supervision, carried out to ensure transport security and safety, were disclosed in sufficient detail both in monographic and educational literature [1; 2].

Understanding the directions and forms of work of transport prosecutors in this area can be facilitated by further scientific study of issues related to ensuring the security of transport infrastructure [3; 4], minimising the negative impact of the so-called «human factor» [5], countering terrorist threats in transport [6; 7], eliminating the risks of environmental damage [3; 5], improvement of technical regulation in the field of transport [8], etc.

The analysis of the features of the supervisory activities of transport prosecutors, aimed at protecting the legitimate rights and interests of business entities in a market economy, is given attention, first, in textbooks aimed at training future transport specialists [9, pp. 665–670].

The issues of prosecutorial supervision over the legality of the activities of control and supervision bodies in transport, the organisation of interaction between law enforcement and other bodies in the exercise of state control (supervision) in transport sector, are considered in detail and quite thoroughly, in textbooks focused, among other things, on improving the skills of the inspectors of the Federal Service on supervision

in the field of transport, training of RUT students in the relevant educational programs of higher education [10, pp. 298–300, 313].

It should be noted that several monographic and educational publications considered important aspects of ensuring the rule of law in transport sector under special conditions that are difficult for students to master and put into practice. They concern, in particular, the application of prosecutorial response measures to violations of law in a difficult epidemiological situation associated with the need to prevent the importation and spread of mass infectious diseases in transport sphere [11–13].

Of course, representatives of the scientific community could not ignore such a significant issue for prosecutorial activities in transport as combating corruption [14–16].

Problematic issues of participation of prosecutors in legal education of young people [17; 18], the implementation of youth policy in transport field [19–21], are also thoroughly considered in the works of representatives of the scientific school of Transport Law.

It is quite natural that consideration of many issues refers somehow, directly or implicitly from the point of historical analysis of development of legislation, to the timeline of prosecutor's office activity during different historical periods.

At the same time, despite the sufficiently large number of scientific publications on the history of the prosecutor's office, the topic of development of transport prosecutor's office is not very often subject to consideration. On the other hand, it is possible to mention recently published book «300 years of Prosecutor's Office in Russia. From the origins to our days» and some articles published during last decade [22–24].

The article is intended to fill to some extent that gap.

RESULTS

The History of Formation and Development of the Transport Prosecutor's Office of Russia

In the process of preparing for celebration of the 300th anniversary of the Russian Prosecutor's Office, specialists analysed and studied in sufficient detail the historical milestones in formation and development of this unique state institution, which has no analogues in world law enforcement practice.

This fact along with the presence of a significant number of other works of



a monographic nature, educational publications on the issue in terms of development of the prosecutor's office as a whole makes it possible to confine ourselves to an outline analysis of the most significant conclusions of specialists, to focus mainly on issues related to the history of development of the transport prosecutor's office.

Since creation of the prosecutor's office in Russia, which is considered to be established on January 12, 1722, the day Peter I (the Great) signed the Decree on establishment of the post of Prosecutor General, reporting directly to the Emperor, the legal status of prosecutors and the structure of the prosecutor's office has changed repeatedly.

However, at the same time, the importance attached to their role in ensuring the rule of law remained unchanged. In the above-mentioned Decree, in particular, it was said: «Now it is not necessary to work on anything like that» as how to quickly realise the urgent need of the state to appoint worthy people to the posts of general and chief prosecutors. When creating the prosecutor's office, Peter I set the task of «destroying or weakening the evil arising from disorder in business, injustice, bribery and lawlessness»¹.

The essence of the position of the prosecutor Peter I outlined very briefly and clearly: «This rank is like our eye». Since then, in Russia, the prosecutor's office has been called the «eye of the sovereign».

At all times, despite changes in the legal status of prosecutors, caused by the need to solve momentary problems, the main function of the prosecutor's office remained supervision over implementation of laws.

In particular, during the reign of Catherine II, the prosecutor had the following duties: to prevent violations of the law, to take measures to prevent violations, to protest against illegal acts. Beginning in 1802, the attorney generals officially became ministers of justice at the same time. In 1862, according to the Basic Provisions on the Prosecutor's Office approved by the State Council, the main goal of the Prosecutor's Office was to monitor the exact and uniform execution of laws in the Russian Empire. After the Judicial Reform of 1864, according to the Charter of Criminal Proceedings, the prosecutor's office was re-qualified as a body for criminal prosecution. The prosecutor was to

supervise the police inquiry and was also entrusted with monitoring the preliminary investigation.

In Soviet times, starting from 1922, according to the Regulations on prosecutorial supervision, the prosecutor's office was supposed to carry out work on behalf of the state to supervise compliance with the law by authorities, economic institutions, organisations and citizens operating in public or private order; to protest decisions and orders that are at variance with the law; supervise the activities of the bodies that carry out the investigation; to support state charges in court; to control whether the prisoners are properly held.

The Regulation on the Prosecutor's Office¹ established the legal status of the prosecutor's office as an independent, single, centralised system of state bodies, carrying out its activities regardless of the influence of the local authority, subordinated exclusively to the Prosecutor General of the USSR. At the same time, in the structure of the Prosecutor's Office, along with the Chief Military Prosecutor's Office, the Chief Prosecutor's Office of Railway Transport and the Chief Prosecutor's Office of Water Transport were created.

The Regulation on Prosecutorial Supervision in the USSR¹ clarified the purpose of prosecutorial supervision: prosecutors must appeal against all orders and legal acts that contradict legal norms, unjustified sentences, decisions, and rulings of courts. Also, the duties of prosecutors were charged with introducing submissions to state and public organisations regarding elimination of violations of the law and the reasons that contributed to these violations.

Currently, the prosecutor's office, as a body that is not part of any of the branches of government, operates on the basis of Art. 129 of the Constitution of the Russian Federation and in accordance with the Federal Law «On the Prosecutor's Office of the Russian Federation»² in accordance with the principles of legality, unity and centralisation of the prosecutor's office bodies, independence, openness.

The role and place of the transport prosecutor's office in the system of ensuring the rule of law in transport field was studied by specialists in the field of transport law.

It is fundamentally argued that the need to ensure the rule of law in transport sector

¹ 300 years of the Prosecutor's Office of Russia. Website of the Prosecutor General's Office. [Electronic resource]: <https://epp.genproc.gov.ru/web/gprf/about-the-proc/300-years>. Last accessed 05.10.2022.

² Federal Law No. 2202-1 of January 17, 1992 (as amended and supplemented) «On the Prosecutor's Office of the Russian Federation».

immediately after the 1917 revolution was particularly acute. Therefore, even before the creation of the Soviet prosecutor's office, there were revolutionary military transport tribunals. The tribunals, and then the military prosecutors, were entrusted with the functions of overseeing the observance of the rule of law in transport sector [19, p. 313].

To ensure supervision over the observance of legislation in transport sector, in the post-revolutionary period, along with the territorial prosecutor's offices, a transport prosecutor's office was created.

In accordance with the Regulation on Prosecutorial Supervision enacted in 1922, prosecutors were charged with the responsibility of supervising the observance of discipline and traffic safety rules in railway and water transport, ensuring safety of national economic goods transported by railway and water transport.

At the end of 1930, to strengthen the fight against crimes that threaten operation of transport, to bring the investigation of cases of these crimes closer to the place where they were committed and to speed up their proceedings, special prosecutorial bodies in railway transport and railway line courts were created³.

In 1933, the position of Chief Transport Prosecutor was established, which lasted until 1960.

By the decree of the Presidium of the Supreme Soviet of the USSR of March 3, 1960, the transport prosecutor's offices were liquidated with the transfer of their functions to the territorial prosecutor's offices. It is reasonably noted that over the next fifteen years, there has been a consistent increase in accidents and dangerous situations in transport sector, the number of thefts of goods transported by transport, especially import and export, has also increased, and the level of compliance with the law has reached a critically low level. In this regard, the issue of recreating the transport prosecutor's offices as independent subjects of prosecutorial supervision in the system of the USSR prosecutor's office has become especially relevant [19, p. 315].

By order of the Prosecutor General of the USSR No. 9 dated February 28, 1977, the transport prosecutor's offices were re-established, they obtained the status of district prosecutor's

offices. It is noted that reconstruction of the activities of the transport prosecutor's offices fully justified itself, and that resulted in creation of transport prosecutor's offices having the rights of the regional ones⁴. In the Prosecutor's Office of the USSR, a corresponding department was also created, which was later transformed into a department responsible for implementation of laws in transport sphere.

By order of the Prosecutor General of the Russian Federation of November 11, 1993, the subject and limits of supervision over implementation of laws by transport prosecutors have been determined. In particular, the bodies of the transport prosecutor's office were entrusted with supervision over legality of legal acts and implementation of laws by enterprises, organisations and institutions, public associations, officials of the Ministry of Railways of the Russian Federation, the Departments of Maritime, River and Air Transport, and over issues of enforcement of laws on the safety of railway traffic, sea, river, air transport, regardless of the form of ownership and departmental affiliation.

Thus, even the briefest analysis of legal acts that determine the historical milestones in formation and development of transport prosecutor's offices shows the dependence of emergence and restoration of their system on complexity of the tasks solved by the Russian transport system at the corresponding historical stages.

Transport Prosecutor's Office in Modern Conditions

The Prosecutor's Office of the Russian Federation is a single federal centralised system of bodies exercising supervision on behalf of the state over implementation of the legislation in force on the territory of Russia.

In conformity with paragraph «o» of the Article 71 of the Constitution of the Russian Federation, issues related to organisation and activities of the prosecutor's office, are within the jurisdiction of the Russian Federation. The powers, organisation and procedure for the activities of the Prosecutor's Office of the Russian Federation are determined by the Federal Law «On the Prosecutor's Office of the Russian Federation» (Article 129 of the Constitution of

³ Decree of the Central Executive Committee and Council of People's Commissars of the USSR of November 27, 1930 «On railway line courts and special prosecutorial bodies».

⁴ Order of the Prosecutor General of the USSR of November 5, 1980 «On organisation of transport prosecutor's offices in railway, water and air transport».



the Russian Federation). Also, the Constitution of the Russian Federation defines the procedure for appointing and dismissing the Prosecutor General of the Russian Federation and all lower prosecutors (part 2 of article 98 of the Constitution of the Russian Federation).

According to the part 2 of Art. 1 of the Federal Law «On the Prosecutor's Office of the Russian Federation» the main tasks and goals of the Prosecutor's Office refer to ensuring the rule of law; ensuring unity and strengthening the rule of law; protection (ensuring protection) of the rights and freedoms of man and citizen, as well as legally protected interests of society and the state.

Transport prosecutor's offices, which include prosecutor's offices for railway, water and air transport, being specialised prosecutor's offices, are included in the system of prosecutor's offices of the Russian Federation.

The powers of the transport prosecutor's offices, as well as the subjects of their jurisdiction, are strictly delimited, considering local conditions, the linearity and length of transport routes, as well as the location of transport facilities⁵.

Moscow Interregional Transport Prosecutor's Office (hereinafter – MITP) was established by the order of the Prosecutor General of the Russian Federation No. 117 of December 16, 2006, and has been exercising its powers since March 1, 2007.

The structure of MITP includes 22 transport prosecutor's offices (with the rights of district) [22, p. 221].

MITP employees supervise implementation of laws, observance of human and civil rights and freedoms, the legality of issued legal acts in the field of railway, air and inland water transport, as well as in the customs sphere. Their competence includes supervision over the criminal procedural and operational activities of the internal affairs bodies in transport, customs authorities, the procedural activities of the bodies of the Investigative Committee of the Russian Federation, coordination of the activities of law enforcement agencies to combat crime in railway, air and inland water transport, in customs sphere. Prosecutors take part in consideration by the courts of criminal, civil, arbitration and administrative cases, carry out organisational,

methodological, and operational management of subordinate employees.

The prosecutor's office operates in three federal districts: Central, Southern and Volga federal district. The «geography» of MITP's supervisory activity extends in whole or in part to the territory of 19 constituent entities of the Russian Federation – the city of Moscow, Moscow, Belgorod, Bryansk, Vladimir, Voronezh, Volgograd, Kaluga, Kursk, Lipetsk, Oryol, Penza, Ryazan, Rostov, Saratov, Smolensk, Tambov, Tver and Tula regions.

Supervisory activities of MITP are planned based on an analysis of the state of legality in this area, including the use of information from the media, the Federal State Information System «Single Register of Control (Supervisory) Measures» [ERKNM], public associations.

The prosecutor's office pays special attention to the issues of reducing administrative pressure on business, compliance with the requirements of the legislation on control (supervisory) activities.

In particular, the fact of ignoring the requirements of the legislation on state control (supervision), within the framework of the moratorium introduced on March 10, 2022, was established by the prosecutor's office during an audit of the activities of UGAN NOTB [direction of air supervision and supervision over transport safety] in the Central Federal District of Rostransnadzor (hereinafter referred to as the Office, UGAN). Control (supervisory) measures in relation to controlled persons, objects of control, provided for by annual plans, are subject to cancellation. However, in the act of the scheduled field inspection conducted by the Office in relation to JSC «C» it is indicated that the inspection is «suspended» (paragraph 11). These violations are reflected in the presentation of the prosecutor's office, submitted to the head of the Department. As a result of its consideration, the identified violations were eliminated, those guilty were subject to disciplinary responsibility.

In the first half of 2022, the interregional transport prosecutor's office, as part of ERCNM monitoring, revealed numerous violations of the rules for its maintenance.

Thus, the fact of untimely entry of data on the results of the check by an official of UGAN, in respect of which the prosecutor's office initiated an administrative offense case under part 3 of article 19.6.1 of the Code of Administrative Offenses of the Russian Federation, was

⁵ Order of the Prosecutor General of the Russian Federation dated May 7, 2008 No. 84 «On delimitation of the competence of prosecutors of territorial, military and other specialized prosecutor's offices».

established. The guilty person was brought to administrative responsibility in the form of a warning.

Particular attention is paid by the prosecutor's office to the study of the results of control (supervisory) measures, the execution of their results.

Under the close attention of the interregional transport prosecutor's office is the observance of the rights of economic entities in the provision of public services to them.

An audit conducted by the interregional transport prosecutor's office in Moscow (hereinafter – MTD) and South-East (hereinafter – SETD) territorial departments of the Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in Railway Transport (hereinafter – the Office, Rosprotrebnadzor on railway), revealed numerous violations of the law.

In the first half of 2022, compliance with the rights of foreign economic activity participants was checked when providing them with public services on customs matters. Prosecutorial checks established the facts of improper informing the applicants about the date and time of provision of the service, and failure to comply with the procedure for sending responses based on the results of provision of services. There have been cases of their provision by unauthorised persons in premises that do not meet the requirements. Such violations were revealed by Moscow–Yaroslavl and Moscow–Kursk transport prosecutors.

Interregional Transport Prosecutor's Office constantly monitors electronic information and reference systems of projects and adopted regulatory legal acts of state authorities of the constituent entities of the Russian Federation that regulate issues of entrepreneurial, investment activities, state control (supervision) and municipal control.

In the first half of 2022, the prosecutor's office and transport prosecutors (with the rights of district prosecutors) in the course of studying the legal acts of local governments identified provisions that infringe on the rights of business entities.

For example, the Bryansk transport prosecutor's office, established in the rules for improvement of the territories of rural settlements in Bryansk region the facts that representative bodies of local government impose on railway enterprises the obligation to clean and maintain

railway tracks in the right of way of the railway, which contradicts the requirements of Articles 87, 90 of the Land Code of the Russian Federation.

The work of Moscow Interregional Transport Prosecutor's Office to strengthen the rule of law in the field of protecting the rights of legal entities and individual entrepreneurs in modern conditions, when unprecedented sanctions pressure from unfriendly states creates obstacles to normal development of business in the field of transport, needs, more than ever, systematic reflection and scientific support.

Topical Aspects of Participation of Moscow Interregional Transport Prosecutor's Office in Formation of the Legal Culture of Future Transport Specialists

The issues of formation of legal culture have traditionally been essential for training of future transport specialists [23, p. 249; 24, pp. 262–263].

In this regard, interaction of lecturers of RUT Law Institute with the employees of Moscow Interregional Transport Prosecutor's Office is not only justified, but also necessary for formation of respect for the law among future transport specialists, of the ability to adequately interpret legal norms and apply them in the activities of the upcoming official assignment.

The existing systemic interaction between the employees of Moscow Interregional Transport Prosecutor's Office and the teaching staff of RUT received a new impetus during preparation and celebration of the 300th anniversary of the Russian Prosecutor's Office. A monthly student lecturing event «300 years on guard of the law» was organised as well as a competition of student projects «Russian prosecutor's office: 300 years on guard of the law», the results of which were summed up on March 16, 2022 at the All-Russian scientific and practical conference «Russian prosecutor's office: history, modernity and development prospects».

At present, when the course towards the innovative policy of the transport industry has predetermined new approaches to training of professional personnel for transport organisations, as evidenced by the Concept of training personnel for the transport complex until 2035, the role of the transport prosecutor's office in the legal education of young people and students of Russian University of Transport is constantly increasing and carried out in various directions.



Thus, on April 20, 2022, the All-Russian Scientific and Practical Conference «The Role of Civil Society Institutions in the Transport Security System» was held at the discussion platform of RUT Law Institute, organised by Russian University of Transport (Department of Transport Law of the Law Institute), Moscow Interregional Transport Prosecutor's Office and the Interregional Public Organisation «National Committee of Public Control».

As part of RUT Science Week (2022), the Law Institute of Russian University of Transport, together with Moscow Interregional Transport Prosecutor's Office, carried out a series of activities aimed at implementing the provisions of Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035, which provides as the most important condition for development of transport systems of Russia introduction of innovative technologies and improvement of the system of personnel training, integration of science, education and business.

Thus, the Competition of research projects of students and Ph.D. students on the topics «Problems of legal support for implementation of sectoral transport policy in the context of modern challenges and threats», «Problems of legal support of environmental safety in transport» were attended by more than 120 students and Ph.D. students. Based on the results of the discussion, more than thirty articles were selected for publication in the collection of scientific articles «Legal Support for Transport Policy and Security in Transport: Experience, Problems and Prospects»⁶, reflecting the results of research projects that have already been placed in the RSCI bibliometric database. The ceremony of awarding the winners, among which were not only RUT students, but also representatives of the law faculties of the Institute of Legislation and Comparative Law under the Government of the Russian Federation; Financial University under the Government of the Russian Federation; International Law Institute, as well as Belarusian State University, was organised as part of the

⁶ Legal support of transport policy and transport security: experience, problems and prospects. Collection of scientific papers based on the results of scientific events organized by the Department of Transport Law as part of preparation and holding of the Science Week at Law Institute of RUT (MIIT). Moscow, KnoRus publ., 2022, 344 p. ISBN 9785466017908. [Electronic resource]: <https://www.litres.ru/aleksandr-igorevich/pravovoe-obespechenie-transportnoy-politiki-68005310/>. Last accessed 05.10.2022.

Interdepartmental Scientific and Practical Seminar «On the directions of interaction between Moscow Interregional Transport Prosecutor's Office and the Russian University of Transport», held on September 28, 2022. At the same event, the signing of the Cooperation Agreement between Moscow Interregional Transport Prosecutor's Office and Russian University of Transport took place, the ceremony was attended by Moscow Interregional Transport Prosecutor K. N. Bukreev and the rector of Russian University of Transport A. A. Klimov.

There is no doubt that the events held will facilitate the formation of law-significant competencies among future transport specialists whose activities will be associated with the application of numerous, sometimes conflicting rules of law under the conditions of a complex and dynamically changing environment, typical for functioning of the transport system of Russia.

REFERENCES

1. Artamonova, S. N., Rasulov, A. V., Pishchelko, A. V., Zemlin, A. I. [et al]. Topical problems of legal support of professional activity: Textbook [*Aktualnie problemy pravovogo obespecheniya professionalnoi deyatelnosti: Uchebnik*]. Ed. by A. I. Zemlin. Stamp UMO VO. Moscow, Yurait publ., 2020, 460 p. ISBN 9785534136739.
2. Dukhno, N. A., Zemlin, A. I., Zemlina, O. M., Leshchov, G. Yu. et al. Legal Problems of Ensuring Transport Security: Monograph [*Pravovie problemy obespecheniya transportnoi bezopasnosti: Monografiya*]. Moscow, Law Institute of MIIT, 2018, 120 p. ISBN 978-5-7876-0302-6.
3. Bagreeva, E. G., Zemlin, A. I., Shamsunov, S. K., Blankov, A. S. On the issue of classification of risks of environmental safety of the transport complex: legal and organizational aspects. *Turismo-estudos e praticas*, 2021, No. 1, Caderno Suplementar 01. [Electronic resource]: <https://geplat.com/rtep/index.php/tourism/article/view/882/843>. Last accessed 21.09.2022.
4. Zemlin, A., Kholikov, I., Mamedova, I., Zemlina, O. Problems of Ensuring Security of Transport Infrastructure Facilities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, Vol. 666, pp. 042002. DOI: 10.1088/1755-1315/666/4/042002.
5. Bagreeva, E. G., Shamsunov, S. K., Zemlin, A. I. Environmental Safety Conditions in the Transport Sector by Improving the Culture of Lawmaking. *Ekoloji*, 2019, Vol. 28, No. 107, pp. 4071–4076.
6. Zemlin, A. I., Kozlov, V. V. Countering terrorism. Organisational and legal support in transport sector: Study guide [*Protivodeistvie terrorizmu. Organizatsionno-pravovoe obespechenie na transporte: Ucheb. posobie*]. Moscow, Yurait publ., 2019. Ser. 74 Bachelor. Specialist. Master (1st ed.), 182 p. ISBN 978-5-534-10013-6.
7. Kharlamova, Y., Pishchelko, A., Zemlin, A. Problems of Realisation of Public Oversight in the Field of Transport Counterterrorism Policy. *Kutafin University Law Review*, 2020, Vol. 7, Iss. 1, pp. 67–78. DOI: 10.17803/2313-5395.2020.1.13.067-078.
8. Zemlin, A., Kholikov, I., Mamedova, I. Current Issues of Metro Safety Technical Regulations. In: Proceedings of the 13th International Scientific Conference on Architecture and Construction 2020. Lecture Notes in Civil Engineering.

Springer, Singapore, 2021, Vol. 130, pp. 236–247. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-33-6208-6_24.

9. Legal regulation of the market economy (on the example of the transport industry): Textbook [*Pravovoe regulirovanie rynochnoi ekonomiki (na primere transportnoi otrasli): Uchebnik*]. Team of authors; ed. by A. I. Zemlin. Moscow, KnoRus publ., 2023, 690 p. ISBN 978-5-406-10740-9.

10. Topical problems of legal regulation and organisation of control and supervisory activities: Textbook [*Aktualnye problemy pravovogo regulirovaniya i organizatsionno-kontrolno-nadzornoj deyatel'nosti: Uchebnik*]. Team of authors; ed. by A. I. Zemlin. Moscow, KnoRus publ., 2023, 590 p. ISBN 978-5-406-10620-4.

11. Zemlin, A. I. Organizational and legal foundations for functioning of the transport system in a difficult epidemiological situation: Textbook [*Organizatsionno-pravovie osnovy funktsionirovaniya transportnoi sistemy v usloviyakh slozhnoi epidemiologicheskoi obstanovki: Uchebnik*]. Ed. by A. I. Zemlin, I. V. Kholikov. Moscow, Rusains publ., 2020, 310 p. ISBN 978-5-4365-6523-1.

12. Zemlin, A. I., Klyonov, M. V., Kholikov, I. V. Organizational and legal problems of preventing the importation and spread of mass infectious diseases in transport (on the example of the COVID-19 coronavirus infection pandemic): Monograph [*Organizatsionno-pravovie problemy preduprezhdeniya zavoza i rasprostraneniya massovykh infektsionnykh zabolevanii na transporte (na primere pandemii koronavirusnoi infektsii COVID-19): Monografiya*]. Moscow, Rusains publ., 2020, 126 p. ISBN 978-5-4365-6573-6.

13. Chernogor, N. N., Zemlin, A. I., Kholikov, I. V., Mamedova, I. A. Impact of the Spread of Epidemics, Pandemics and Mass Diseases on Economic Security of Transport. E3S Web of Conferences, 2020, Vol. 203, pp. 05019. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020305019>.

14. Zemlin, A. I., Koryakin, V. M., Zemlina, O. M., Kozlov, V. V. Legal framework for combating corruption: textbook and workshop [*Pravovie osnovy protivodeistviya korruptsii: Uchebnik i praktikum*]. Ed. by A. I. Zemlin, V. M. Koryakin. Moscow, Yurait publ., 2019, Ser. 73 Bachelor and specialist (1st ed.), 197 p. ISBN 978-5-534-09254-7.

15. Anti-corruption. Legal basis: Textbook and workshop for secondary vocational education [*Protivodeistvie korruptsii. Pravovie osnovy: uchebnik i praktikum dlya srednego professionalnogo obrazovaniya*]. A. I. Zemlin, O. M. Zemlina, V. M. Koryakin, V. V. Kozlov; ed. by A. I. Zemlin. Moscow, Yurait publ., 2023, 197 p. (Vocational education series). ISBN 978-5-534-10806-4.

16. Zemlin, A. I., Idrisov, R. F. Formation of the foundations of anti-corruption legal awareness of youth as a form of participation of civil society institutions in combating corruption [*Formirovanie osnovantikorrupcionnogo pravosoznaniya molodezhi kak forma uchastiya institutov grazhdanskogo obshchestva v protivodeistvii korruptsii*]. Electronic network edition «*International law courier*», 2020, Iss. 5, pp. 30–36. DOI: 10.34790/IL.2019.2019.50093.

17. Zemlin, A. I. Formation of the legal culture of a specialist in transport as a condition for implementation of the Transport Strategy and achievement of national goals of

socio-economic development of Russia [*Formirovanie pravovoi kultury spetsialista na transporte kak uslovie realizatsii Transportnoi strategii i dostizheniya natsionalnykh tselei sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Rossii*]. In: «*Transport security and countering terrorism in transport: legal and organizational aspects*». II International Scientific Forum. Russian University of Transport, Law Institute. Moscow, RUT publ., 2021, pp. 21–28. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47471414>. Last accessed 22.09.2022.

18. Bagreeva, E. G., Zemlin, A. I., Shamsunov, S. Kh. Does Environmental Safety Depend Upon the Legal Culture of Transport Specialists? *Ekoloji*, 2019, Iss. 107, pp. 4961–4965.

19. Gruver, N. V., Zemlin, A. I., Zemlina, O. M., Klyonov, M. V., Kholikov, I. V. Legal and organizational foundations of voluntary (volunteer) activities: Textbook [*Pravovie i organizatsionnye osnovy dobrovolcheskoi (volonterskoi) deyatel'nosti: Uchebnik*]. Team of authors; ed. by A. I. Zemlin. Moscow, KnoRus publ., 2021, 158 p. ISBN 978-5-406-08761-9.

20. Gruver, N. V., Zemlin, A. I., Kholikov, I. V. Legal problems and organisational and pedagogical conditions for implementation of the integration potential of volunteering in the process of training specialists in the field of jurisprudence: Monograph [*Pravovie problemy i organizatsionno-pedagogicheskie usloviya realizatsii integratsionnogo potentsiala volonterskoi deyatel'nosti v protsesse podgotovki spetsialistov v oblasti yurisprudentsii: Monografiya*]. Moscow, Rusains publ., 2021, 264 p. ISBN 978-5-4365-6596-5.

21. Gruver, N. V., Zemlina, O. M., Nazarova, R. K. Volunteering to Help People with Disabilities and Less Mobile People in Transport Higher Education Institutions. *World of Transport and Transportation*, 2021, Vol. 19, Iss. 1 (92), pp. 246–258. DOI: 10.30932/1992-3252-2021-19-246-258.

22. Shkarevsky, D. N. On some reasons of creation of the transport juridical bodies in the USSR in 1930s. History of state and law: scientific and legal edition, Iss. 23, Moscow, 2013, pp. 16–19. [Electronic resource]: <https://elib.surgu.ru/fulltext/SCIENCE/5662> [limited access].

23. Kovalchuk, K. S. History of the transport prosecutor's office. In: Rule of law in modern world: acute problems of enforcement and protection: Collection of scientific works. Khabarovsk, DVGUPS, 2016, pp. 80–84.

24. Gavrilenko, A. A., Ivankov, K. A. Birth and development of transport prosecutor's office in 8th – middle 20th century. *Sibirsky juridichesky vestnik*, 2011, No. 2 (53), pp. 17–26.

25. Zemlin, A. I., Petrov, Yu. I. Experience of legal regulation and organisation of education and teaching in Imperial Moscow Engineering School: 1896–1913. *Vestnik archivista*, 2021, No. 1, pp. 248–258. DOI: 10.28995/2073-0101-2021-1-248-258 [limited access].

26. Petrov Yu. I., Zemlin A. I., Zemlina O. M. The Genesis of the System of Administration of the Transport Routes and of the Transport Law in Russia (9th to 18th centuries). *World of Transport and Transportation*, 2019, Vol. 17, Iss. 3, pp. 260–277. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-260-277>. ●

Information about the authors:

Openyshev, Oleg S., Ph.D. (Law), Deputy Moscow Interregional Transport Prosecutor, Honorary Employee of the Prosecutor's Office of the Russian Federation, Moscow, Russia.

Zemlina, Olga M., Ph.D. (Law), Associate Professor at the Department of Transport Law of Law Institute of Russian University of Transport, Honorary Employee of Higher Professional Education, Moscow, Russia, zemlina.o@yandex.ru.

Yangez, Dmitry I., Ph.D. (History), Associate Professor at the Department of Socio-Economic and Humanitarian Disciplines of Moscow State University of Sport and Tourism, Moscow, Russia.

Article received 23.09.2022, approved 03.11.2022, accepted 11.11.2022.





REVIEW ARTICLE

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-6-11>

Ivan Gavrilovich Alexandrov. Pages of Life and Achievements



Nikolay D. Grigoriev

Ph.D. (Eng), Moscow, Russia.

✉ 9165688074@yandex.ru.

Nikolay D. GRIGORIEV

ABSTRACT

Academician Ivan Gavrilovich Alexandrov is an outstanding hydropower engineer, the founder of the integrated design of large hydroelectric plants and irrigation systems, the developer of the GOELRO plan, the author of original innovative ideas, which then seriously influenced further development of hydropower engineering and are still of practical importance, the creator of DneproGES. The Angarsk HPP cascade was also designed according to the developments and proposals of Ivan G. Alexandrov. A brilliant researcher, designer, economist, teacher, manager, and administrator

graduated from Moscow Engineering School (now Russian University of Transport).

Ivan Alexandrov was recognised worldwide as an outstanding scientist and engineer. His activities mainly fell on the most difficult years of formation of the national economy of the USSR, on the years of the first five-year plans...

For many years he taught at the higher educational institutions of Leningrad and Moscow and enjoyed great love and respect among students.

Keywords: *history of engineering, GOELRO plan, hydropower engineering, railway, bridge building, economic zoning.*

For citation: Grigoriev, N. D. Ivan Gavrilovich Alexandrov. Pages of Life and Achievements. World of Transport and Transportation, 2022, Vol. 20, Iss. 6 (103), pp. 212–220. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-6-11>.

**The text of the article originally written in Russian is published in the first part of the issue.
Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.**

FIRST STEPS...

I. G. Alexandrov was born in Moscow on August 20, 1875. Margarita Vasilievna (née Belyaeva), the mother of the future scientist, sang in the choir of the Bolshoi Theatre. During the Turkish campaign she followed her husband, military paramedic Gavril Ivanovich Aleksandrov, voluntarily to the front as a sister of mercy. After the end of the Russian-Turkish war, Margarita Vasilievna never returned to the theatre, but continued to serve as a nurse at the Sheremetyevo hospital, where her husband worked as a paramedic and apprentice pharmacist.

When their son was ten years old, he was assigned to the Moscow real school. The Alexandrov family was not wealthy, so the young realist had to give lessons, making «his personal contribution» to the family's common piggy bank.

Of all the subjects that were included in the curriculum, Vanya was most interested in mathematics and geography.

«Only two subjects», he later wrote (1903), «attracted me: this was mathematics and geography, especially geography, and there were special signs for this. *This science was taught by Yanchin – a very high personality in his inner content. His lessons were a living acquaintance with the world; plants, stones, pictures, devices, maps were brought. And his speech, simple and strong love for the cause, fascinated me. He did not know this until his death, but I loved him directly, and to this day Yanchin's personality has not been erased from a number of the best people that I have ever met in my life.*

If we add to this his deep understanding of children and his attitude towards them that is just to the point of scrupulousness, then I think... this bright personality of the teacher will become clear. He died (from pneumonia) when I was already in the sixth grade, and I sobbed like a child at a memorial service for him, as if I were losing the closest and dearest thing that connected me with the school» [1, p. 10].

In his letters dated 1903, Ivan Gavrilovich reported many interesting facts about the situation in real schools in the 80s of 19th century.

«In order to find out the atmosphere of the school, I will focus on a few more people... I'll start with the director. His name was Alexander Alexandrovich Krivonosov. Imagine a stout, stocky old man, but not fat, with lively stubborn black eyes, always serious, with an «o» accent.

The first impression was far from being in his favour – terrible formalism was immediately evident, wherever he was, whether he took firewood for the school, whether he examined the students' ties, or told some arithmetical wisdom to the first-grade students. Penalties were always imposed on us, even for trifles: for a torn off belt from a satchel, for lack of buttons, and so on. But over time, other sides began to emerge. It turned out that the director gets up at 5 o'clock in the morning, inspects all the sheds, classrooms, halls, checks the air temperature everywhere, operation of ventilation; he comes to the lesson without being even a minute late, and does not keep the students longer than the appointed time... I remember one case that is especially noteworthy: Krivonosov's son shot himself just at the time when he was reading arithmetic in the first class; to tell him about it, one teacher ran into the class; hearing the news, the director turned terribly pale, somehow haggard at once and said: «I will finish the lesson and come back». From this phrase, I found tetanus right on everyone, and he finished the lesson and quickly left. The son is dead...» [1, p. 11].

Getting an education in a real school was the ultimate dream for many. In the lower grades of the school, Alexandrov showed a penchant for drawing and manual labour. Over the years this has become a real skill. Being already a family man, Ivan Gavrilovich made scenery for home performances, he liked to draw with a pencil or watercolour. For many years, Ivan Gavrilovich was engaged in amateur photography, and, according to eyewitnesses, he did it perfectly.

And once, while working in 1906 in the city of Shatsk, in his free time, Alexandrov professionally cleared a large, neglected garden without outside help, giving it a new life. A few years later, already at the rank of professor in St. Petersburg, Ivan Gavrilovich built models of two famous St. Petersburg bridges, one of which was drawbridge. The models were made from different types of wood and reproduced the bridges with amazing accuracy.

According to Ivan Gavrilovich himself, these «minor hobbies» played an important role in his life, during childhood, they contributed to development of labour skills and ingenuity, later turned into a perfect rest time.

In 1894, Ivan Gavrilovich completed his studies at a real school and entered Moscow Technical School (now Bauman Moscow State Technical University). This educational





institution was then the best in Russia and probably in the world...

Moscow Technical School trained highly educated engineers with a broad scientific and technical outlook. In those years, the great Nikolai Egorovich Zhukovsky, the author of remarkable works on theoretical mechanics, hydraulics and aerodynamics, lectured there; he rightly believed that there was no and could not be a «pure», abstract science divorced from practice [1, p. 15]. Zhukovsky became for the future academician the ideal of an engineer of the highest type with a huge scientific and technical professional range.

Evgeny Paton, who was still a very young professor at that time, also lectured at the school. Over time, Alexandrov and Paton became friends, and they built more than one bridge together. During his third year at the school, Ivan Gavrilovich became interested in bridge building. The well-known St. Petersburg journal «Zodchiy», which Alexandrov regularly read, published descriptions of the most interesting bridge projects and articles on bridge building, illustrated with drawings, photographs and pictures. The largest Russian bridge engineer G. G. Krivoshein published an article in the journal calling for raising domestic bridge building to the level of genuine art, combining complex engineering structures and structures

with architecture [2, p. 1]. It was these ideas that were embodied in the project of Borodino bridge in Moscow, presented by a group of engineers comprising G. G. Krivoshein, I. G. Alexandrov and architects V. A. Pokrovsky, E. I. Konstantinovich for a competition announced in connection with the centenary of Borodinsky battle. The project, which participated in the competition under the motto «Moscow–Muscovites», according to the architect P. V. Shchusev «...emphasised the national character of the monument, reviving the traditions of the glorious builders of the Great Stone Bridge in the forms of Russian stone architecture» [3].

Therefore, in 1898, student Alexandrov decided to transfer to the newly formed Moscow Engineering School (much later Russian University of Transport), which in those years did not even have its own building and was temporarily located on Tverskaya street, in a rented house.

The school was headed by one of its founders, a well-known Russian track engineer Professor F. E. Maksimenko. The course of study was designed for five years: three years of theoretical studies and two years of practice on the railway. After successfully completing the internship, the student was allowed to defend the graduation project.

At Moscow Engineering School Alexandrov studied under the guidance of outstanding scientists and engineers of that time. The course of higher mathematics was read by Professor B. K. Mlodzievsky, courses in chemistry and building materials by Professor I. A. Kablukov. Physics and electrical engineering were taught by engineer A. A. Eikhenvald, theoretical mechanics by Professor S. A. Chaplygin. The road course was taught by the famous builder, military engineer I. I. Rerberg. Professor F. E. Maksimenko taught hydraulics.

All teachers of special engineering disciplines were major practical engineers. This combination of pedagogical and engineering practices was an excellent example for students. Future engineers were offered a view of pedagogical work as the duty of a specialist. This view of teaching was also preserved by Alexandrov. In 1901, Ivan Gavrilovich graduated from the theoretical course of the Engineering School. He completed his internship at the construction of Orenburg–Tashkent railway, where he designed track structures: bridges, viaducts, water supply. Then he moved to the position of «head of the construction distance» and supervised the construction of the structures he designed.

During his practice, Ivan Alexandrov naturally encountered issues of irrigation and water supply, the importance of which for Central Asia can hardly be overestimated. Apparently, it was then that he became seriously interested in «water problems». It was then that Alexandrov's path to the world of large-scale hydropower and hydraulic engineering began.

In 1903, after completing his internship, Ivan Gavrilovich returned to Moscow, presented a detailed report on the work performed, defended his diploma and was approved as a civil engineer and again left for Central Asia to build a new section of Orenburg–Tashkent railway at Turkestan station [4–6].

Moscow, Paton, Bridges...

A year later, Ivan Gavrilovich returned to Moscow again and, under the guidance of Evgeny Paton, began to design large bridges. In tandem with Paton, some issues of construction technology were developed, in particular, the calculation of additional stresses depending on rigidity of the riveted nodes of bridge trusses.

In 1906 because of the famine in Tambov province, mass public works were organised, where Alexandrov received his new appointment.

Ivan Gavrilovich was supposed to supervise all these works in the district town of Shatsk. During the year in this position, he designed and built several bridges and dams, as well as more than 100 small engineering structures.

From Shatsk, Alexandrov moved to St. Petersburg and entered the technical office of G. B. Krasin as a senior engineer; there he designed rafters and bridges for Simbirsk–Ufa railroad, reinforced concrete pipes for Middle Amur Railway and lock gates for the Western Dvina River.

In 1909, Alexandrov was invited by St. Petersburg Metal Works to design the Finland Bridge across the Neva. At the end of the project, he supervised the construction of this bridge. At the same time, Ivan Gavrilovich, together with Professor G. G. Krivoshein created projects of bridges: across the Volga near the town of Staritsa with a span of 75 sazhen (160 meters) and a competitive project for the Borodino bridge in Moscow [1, pp. 17–19].

Irrigation in Central Asia

In 1912, Ivan Gavrilovich was invited to work at the Department of Land Improvements of the Ministry of Agriculture. He readily accepted this proposal, since he had long ago decided to devote himself to the problems of hydraulic engineering and mainly to the use of «white coal», i.e., hydropower.

However, during the year Alexandrov was not engaged in hydraulic engineering and hydropower engineering but designed reinforced concrete bridges across irrigation canals in the Hungry Steppe of Turkestan. Around the same time, he completed a draft design of a typical hydroelectric station, intended for construction on the drops of irrigation canals.

The following year, Ivan Gavrilovich was appointed head of survey work in the Syr Darya basin, where reservoirs were to be built in the upper reaches of the river for the purpose of irrigation.

The appointment of a young talented engineer seemed strange to many. It was not clear why the Ministry of Agriculture needed to send a gifted Petersburg engineer to the very backwoods of the empire, to the distant Syr Darya River.

Before the First World War, the interest of the government and private capital in the problems of irrigating the fertile lands of Central Asia sharply increased. Irrigation of Turkestan became the most important condition for strengthening



exploration of this territory. Only by irrigating the local lands could Russian settlers be resettled there to become the support and defenders of the interests of the autocracy in Turkestan.

Working in the Syr Darya basin, Ivan Gavrilovich first appeared as a researcher and irrigator. This became a «prelude» to his famous projects of the largest hydroelectric power plants (including those in Central Asia). Ivan Gavrilovich already then predicted the great importance of the Central Asian rivers as a powerful source for obtaining cheap electrical energy. The ideas put forward by Alexandrov about combining irrigation tasks with obtaining cheap electricity were completely original [1, pp. 20–25].

Exploration work in Central Asia was carried out in the summer months, after which in the fall he and his assistants returned to St. Petersburg, where they carried out office processing of the materials obtained during the expedition.

As a result, Ivan Gavrilovich proposed a completely other project, fundamentally different from the previous ones in that the waters of smaller mountain rivers flowing from the Altai Range were used for irrigation. Such a solution made it possible to «build a dam and form a giant reservoir of water» [5].

After the revolution, Alexandrov went far beyond the scope of irrigation tasks. He combines irrigation and hydropower into a single complex.

GOELRO Plan and Economic Zoning

In 1918, Ivan Gavrilovich moved to Moscow and entered the Main Committee of State Structures of the Supreme Council of National Economy (Kongosoor). Since 1922, he began to work simultaneously in the State Planning Commission.

On behalf of Lenin, two hundred major Russian scientists and engineers, including Alexandrov, under the leadership of Gleb Krzhizhanovsky, began developing the world's first state plan for electrification. They were supposed to offer a solution on how to «fill the whole country with electric light» in the shortest possible time. Some of the «old school» people on this commission thought it was fantastic in their hearts.

On April 3, 1920, at a meeting of the GOELRO Commission, Ivan Gavrilovich made an extensive report on the program for economic development of the South of Russia. In it, he first brought a plan for creation of the Dnieper hydroelectric plant [7].

According to the GOELRO plan, 31 power plants were to be built. Nine of them were hydroelectric ones and were built according to Aleksandrov's designs.

The plan was fulfilled in conformity with the main indicators in 1931. Academician A. V. Vinter pointed out that in 1950 the annual power balance of the Soviet Union exceeded the target of the GOELRO plan by 15 times [1, p. 34].

In connection with the work of the GOELRO Commission, I. G. Alexandrov took part in the economic zoning of the country.

Academician S. G. Strumilin wrote: «It is known that the current regional division of the USSR was based on the scheme of economic regions of the State Planning Commission, developed under the direct supervision of I. G. Aleksandrov. Thus, he was fortunate enough to firmly capture his creative thought already in the most general contours of the map of the USSR, on the grandiose scale of one-sixth of the globe. He also has the high honour to revive this map in its new outlines with bright nodal points of new powerful energy centres of such a scale as Dneprostroy» [1, p. 37].

Particularly interesting is Alexandrov's substantiation of «the theory of economic location of production centres, the creation of industrial plants and the resolution of issues of super-mainline railways in the USSR». New methods of economic zoning were repeatedly the subject of the scientist's articles. Alexandrov always emphasised the great importance of economic zoning in our country. «Regional development», he wrote back in 1921, «allows establishing the closest connection between natural resources, the skills of the population, the values accumulated by the previous culture and new technology and obtain the best production combination, thus, on the one hand, an expedient division of labour between separate regions, and on the other hand, by organising the region into a large combined economic system, which obviously achieves the best economic result» [4].

At one time, it was I. G. Aleksandrov who began to develop the issues of the geographical location of industry and the creation of energy-industrial complexes, which should have included irrigation and transport systems [7–12].

DneproGES

The most outstanding project of I. G. Aleksandrov was the famous DneproGES. The Dnieper rapids – the so-called «curse of



nature», were an insurmountable natural barrier to through navigation and even made it difficult to raft timber – the ancient trade route «from the Varangians to the Greeks». There were nine main rapids in total. The total fall of the Dnieper (in the rapids part), which had a length of 65 km, was 30,85 m. The most dangerous rapids «Nenasytetsky» was nicknamed «Robber» by the pilots. In addition, above it was also the most insidious rock on the entire Dnieper – «Thunderstorm».

People wanted to solve the Dnieper problem for a long time. Back in 19th century, many scientists were engaged in the study of these rapids; more than one scientific article was devoted to the Dnieper and its rapids.

About 20 pre-revolutionary projects dedicated to the problems of the Dnieper are known. Nine of them are dedicated to improving navigation by clearing rapids, canals and locks, and 11 projects that address both navigation and water energy issues. Some projects also included schemes for using the waters of the Dnieper for irrigation of the Dnieper lands. These earlier projects always put shipping first. In later works, both tasks (shipping and energy) were considered as equivalent. And in Alexandrov's project, energy came to the fore.

On April 3, 1920, at a meeting of the GOELRO commission, Ivan Alexandrov said the

following: «The rapids are not the misfortune of the Dnieper, but the value is no less, perhaps, than the *Krivoy Rog ore*». Many years later, the arguments of the opponents of the Alexandrov project boiled down to the fact that there would be no one to consume the energy of such a large power plant [9].

The general design of the Dnieper hydroelectric power plant was ready by the end of 1920. And already in January 1921, a special design and survey organisation Dneprostroy was created, which, of course, was headed by Alexandrov. The development of the DneproGES project lasted five years.

The DneproGES project had no equal in world practice in terms of courage and innovation. «The mining South of Russia», Alexandrov writes, «represents one of the happiest combinations of natural resources that can be found: along with excellent soils and a warm climate, there are huge reserves of coal, iron, manganese, rock salt, kaolin and building material in the form of limestone, granite, gneiss, etc.» [6, p. 541].

What tasks did Aleksandrov set for his project?

1. Get the maximum amount of the cheapest hydraulic power.
2. Get the most powerful and cheapest form of transport conditions along the Dnieper.





3. Connect the main centres of minerals with cheap and powerful rail transport (electric lines).

4. Give a solution that would allow considering other meliorative possibilities.

Based on many years of research and a thorough analysis of the collected data, Alexandrov determined the water energy of the Dnieper at 3,963,000 hp. According to the project, the capacity of the DneproGES was estimated at 650,000 hp. Thanks to the participation of academicians A. V. Vinter and B. E. Vedeneev in the project, the power of the station during the construction process was increased and reached more than 800,000 hp.

Enormous engineering and economic problems were solved. At the head of everything Alexandrov put energy, on a scale that would make it possible to obtain a huge amount of cheap electrical energy. It was with this that the construction of a number of energy-intensive industries and other industrial enterprises in the centre of the industrial region of the Dnieper region was associated. Without considering energy in isolation, Ivan Gavrilovich solved all the numerous elements of the problems of the Dnieper in their interconnection.

DneproGES was conceived as the main engine of a giant industrial complex, which should include powerful metallurgical plants. This brought forward traffic problems. There was no connection with the regions of raw materials and consumption of finished products. It is obvious that a «super» road was needed: Zaporozhye–Donbass–Volgograd. The Dnieper, the most important water artery, was included in the transport scheme. Accordingly, a significant increase in the Aleksandrovsky railway junction was required...

Opponents to the project of I. G. Alexandrov spoke of the project as «*magic nonsense*», «*an undertaking that no one needs*», «*an ambitious invention*», etc. One professor argued that «*there will be no construction here for at least another fifty years*». A memorandum was submitted to the chairman of the Supreme Council of National Economy F. E. Dzerzhinsky about the untimeliness and uselessness of the Dneprostroy. It was signed by several engineers of the metallurgical plants of the South. Ivan Gavrilovich replied to this «*note*» with an article in which he gave a reasoned rebuff and provided indisputable evidence of «*the expediency and urgent need to create the Dnieper hydroelectric power plant for Soviet industry and economy*». On November 4, 1926, the party and the government made a positive decision on the construction of the DneproGES [1, p. 62, 63].

On May 1, 1932, the Dnepropetrovsk hydroelectric plant gave its first current. On October 10, the grand opening took place. By this time, many enterprises had already received cheap electric energy with might and main. And the load on the station grew every month, and the number of consumers increased. DneproGES saved 10 thousand tons of coal per day.

In 1932, Ivan Alexandrov was awarded the Order of Lenin and was elected full member of the USSR Academy of Sciences [13].

Management of the Transport Commission of the Academy of Sciences of the USSR (1934–1936)

The main work of I. G. Alexandrov after being elected Academician proceeded in the field of transport, but, solving the major complex problems of transport of the USSR as a whole,



he connected them with the problems of energy and, in particular, hydropower, developing and deepening his favourite works on creation in our country of an extensive network of hydroelectric stations. Alexandrov wrote: «As it has now become clear, our transport must have its own special identity and special productivity in the political and social conditions in which our country lives and that even the technical forms that are available to us differ from everything that can be applied in bourgeois economy» [1, p. 104].

Many scientific works of I. G. Alexandrov are devoted to transport, including «New Transport», «Electrification and Transport» (co-authored with G. O. Graftio). In the work on economic zoning and reconstruction of the national economy of the USSR, transport problems and their solution occupied one of the main places. The scientist wanted to create such a transport system that was supposed to unite the entire territory of the Soviet Union into a single economic object.

In the 1930s, the so-called «limit theories» were actively developing in the USSR, which hampered the development of transport in the country. The Transport Commission faced the most important task – «to strike a crushing blow at the «pre-frontiers» that artificially retard the growth and development of our transport, and at the same time provide the broadest support for the movement of innovators, the first sprouts of which arose on various roads already at the end of 1934. In the Donbass, the young locomotive driver Pyotr Krivonos, *contrary to established norms and guidelines, overcoming the passive resistance of some specialists, has already*

achieved outstanding production achievements». «Now our machinists», I. G. Alexandrov wrote about Pyotr Krivonos and his followers, *«are proving to engineers... that the sacramental upper limit of tractive effort can also be increased and the steam locomotives «E» and «FD» [editor's note: famous brands of powerful Soviet steam locomotives] are beginning to show both greater speed and greater tractive effort than the traction engineers thought».*

The leadership of the Transport Commission is the last job position of I. G. Alexandrov. As always, Ivan Gavrilovich fought against inertia and routine, outdated traditions, while remaining a champion of everything new and progressive. He considered the development of transport problems an urgent, vital task of the state.

Alexandrov suggested using the hydro potential of the Angara and Yenisei [14] and the construction of the Baikal-Amur Railway (BAM) as the main transport road to connect the centre of the USSR with the Pacific Ocean. The construction of BAM began in 1932, in 1951 it was suspended, and in 1974 it was resumed. Since 1933, he headed the Department of the Use of Water Energy at the Moscow Higher Construction Institute of the People's Commissariat for Heavy Industry of the USSR (now Moscow State University of Civil Engineering). He worked as a professor at the department of water flow regulation at Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev (now Russian Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev) and in 1935 he was elected a full member of the All-Union Academy of Agricultural Sciences named after



V. I. Lenin. For many years of work in the State Planning Committee of the USSR in 1936 he was awarded the Order of the Red Banner of Labour. He was the author of projects of bridges across the rivers Neva, Volga, Moskva, hydroelectric power plants, irrigation of land and construction of railways [6, pp. 510–512].

It is surprising that with such a workload, Ivan Gavrilovich still had time and energy for pedagogical work, which he had been doing for more than two decades.

On May 2, 1936, at about 9 o'clock in the morning, Ivan Gavrilovich died. On May 4, all the central newspapers printed extensive obituaries and numerous announcements from various organisations about the death of Academician I. G. Alexandrov. The obituary, signed by 49 academicians, said: «In the person of Ivan Gavrilovich, the Academy of Sciences has lost one of its active members, a man of wide scope and bold initiative, comprehensively educated, who devoted all his strength to the socialist reconstruction of the country». Many Muscovites, who did not know Alexandrov personally, came to say goodbye to the famous author of the DneproGES. Academician Alexandrov was buried at the Novodevichy Cemetery.

Ivan Gavrilovich did not leave any diaries or notes about his many years of work, about frequent trips to various parts of the USSR and abroad, about meetings with leading scientists, engineers, and production workers. Most of the letters he wrote in different years perished during the war. The scientific profile of Alexandrov does not fit into the framework of a narrow specialty. Such a picture emerges with almost all really great scientists. He is considered «their own» by engineers, physicists, economists, geographers... That is why it is so difficult to characterise his scientific appearance in a short article [14; 6, pp. 510–512].

REFERENCES

1. Fainboim, I. B. Ivan Gavrilovich Alexandrov. Moscow, Gosenergoizdat publ., 1955, 136 p.
2. Krivoshein, G. G. Bridges from an artistic point of view. A separate print from the journal «Zodchiy» [Mosty s

khudozhestvennoi tochki zreniya. Otdelnyy ottisk iz zhurnala «Zodchiy»). St. Petersburg, Printing house of St. Petersburg City Administration, 1899, 16 p. [Electronic resource]: <https://yadi.sk/i/6IMvYz5ckKuBX>. Last accessed 24.10.2022.

3. Shchusev, P. V. Bridges and their architecture [Mosty i ikh arkhitektura]. Moscow, State publishing house for construction and architecture, 1953, 294 p. [Electronic resource]: <http://science.totalarch.com/book/0283.rar>. Last accessed 24.10.2022.

4. Artemov, A. A., Barinov, A. A., Bogdan, A. T. [et al]. MIIT at the turn of the century [MIIT na rubezhe vekov]. Ministry of Railways of Russia, Moscow State University of Railway Engineering (MIIT). Ed. by B. A. Lyovin. Moscow, MIIT publ., 2002, 639 p. ISBN 5-7876-0015-0.

5. Alexandrov Ivan Gavrilovich. Great Soviet Encyclopedia, 3rd ed. Chief ed. A. M. Prokhorov. Vol. 1. Moscow, Soviet Encyclopedia, 1969, p. 413. [Electronic resource]: <https://slovar.cc/enc/bse/1971519.html>. Last accessed 24.10.2022.

6. Alexandrov Ivan Gavrilovich // Railway transport. Encyclopedia. Chief ed. N. S. Konarev. Moscow, Scientific publishing house «Big Russian Encyclopedia», 1994, 560 p. ISBN 5-85270-115-7.

7. Report to 8th Congress of Soviets of the State Commission for Electrification of Russia (GOELRO plan). Moscow, Gospolitizdat publ., 1955, 660 p. [Electronic resource]: https://omskmark.moy.su/publ/essayclub/noobiblion/2015_goelro_1920_1955/111-1-0-2622. Last accessed 24.10.2022.

8. Alexandrov, I. G. Economic zoning of Russia [Ekonomicheskoe raionirovanie Rossii]. In.: Proceedings of 8th All-Russian Electrotechnical Congress in Moscow October 1–10, 1921. Iss. 2 Electrification of districts. Moscow, Gosudarstvennaya obsheplanovaya komissiya, 1921, pp. 7–23. [Electronic resource]: <http://elib.shpl.ru/ru/nodes/35415>. Last accessed 24.10.2022.

9. Alexandrov, I. G. Dnieper rapids [Dneprovskie porogi]. Tekhniko-ekonomicheskii vestnik, 1921, Iss. 1, pp. 9–18.

10. Development of the electric power industry of the USSR. Chronological index [Razvitie elektrotekhnicheskogo khozyaistva SSSR. Khronologicheskii ukazatel]. Moscow, Energoatomizdat publ., 1987, 144 p.

11. Electrification of the USSR. 1912–1967 [Elektrofikatsiya SSSR. 1912–1967]. Ed. by P. S. Neporozhniy. Moscow, Energia publ., 1967, 542 p.

12. Electrification of the USSR [Elektrofikatsiya SSSR]. Ed. by P. S. Neporozhniy. Moscow, Energia publ., 1970, 543 p.

13. Alexandrov, I. G. Dnieper construction and its economic significance [Dneprovskoe stroitelstvo i ego ekonomicheskoe znachenie]. Kharkiv, State publishing house of Ukraine, 1925, 47 p. [Electronic resource]: <http://gpntb.dlibrary.org/ru/nodes/1581-aleksandrov-i-g-dneprovskoe-stroitelstvo-i-ego-ekonomicheskoe-znachenie-harkov-1925>. Last accessed 24.10.2022.

14. Malyshev, V. M. Angara problem [Problema Angary]. Moscow-Irkutsk, East Siberian regional publishing house, 1935, 121 p. [Electronic resource]: <https://npp-geotek.com/upload/iblock/0cc/0cc4f2407d58121829f01ed190e4dd91.pdf>. Last accessed 24.10.2022.

Information about the author:

Grigoriev, Nikolay D., Ph.D. (Eng), Moscow, Russia, 9165688074@yandex.ru.

Article received 02.10.2022, approved 28.11.2022, accepted 05.12.2022.



Electrical Traction: publication of 1912



Press Archives

The Journal presents a selection of two articles each of them first appeared in the journal «Railway Business» in 1912.

They demonstrate the interest that was paid more than a century ago towards electrified railways considering technical (choice of electric power supply system, traction current) and economic advantages compared to steam locomotive traction. The material in some ways echoes the content of the article published in the issue on the development of transport science and the chronology of industrial revolutions. When reproducing the publication, the style, punctuation, and vocabulary of that time are preserved as much as possible.

A Note on the Comparative Cost of Operation for Electric and Steam Traction

Recently, the question of electrification of railways in general and, in particular, of sections of railways with the most complicated profiles has been raised more and more often. In solving this issue, the main role is played by the cost of operation for steam and electric traction. There are no such experiments on our railway network, and therefore the following article by *Wernecke* from No. 24 of the journal *Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen* of 1910 is of some interest in this regard.

The railway, connecting by tunnel, under the bottom of the River Mersey, Liverpool with Birkenhead, has existed since 1886 and was served by steam traction. Since 1903 it has been rebuilt for electric traction. The railroad has recently published comparative data on the cost of operation for steam and electric traction.

Trains are in motion daily for 19 hours, and only for 4 hours does traffic stop. Formerly, in the case of steam traction, in certain morning and evening hours, when the traffic increased considerably, as it is the case on all suburban and urban roads, it was necessary to increase the number of trains, but with electric traction, it was sufficient to increase only the composition of trains to meet this increased traffic; when doing this, the previous two, and sometimes three separate trains are assembled into one.

Due to this, during the period of heavy traffic, it became possible to remain with the usual number of trains, which facilitates operation. With steam traction, it was impossible to increase the composition of trains, since steam locomotives would not be able to develop an appropriate traction force; with electric traction, the development of the traction force required for the movement of enlarged trains is not difficult, since the number of engines also increases.

For citation: Electrical Traction: publication of 1912. *World of Transport and Transportation*, 2022, Vol. 20, Iss. 6 (103), pp. 221–224. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-12>.

Acknowledgements: The editors express their gratitude to the staff of the library of Russian University of Transport for their help in preparing the material.

The text of the archived publication in Russian is published in the first part of the issue.

Текст архивной публикации на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

From the data for the last three years, it is seen that for the movement with electric traction of one ton of cargo over a distance of 8,12 km, with an average speed of 35,8 km/h, it is necessary to spend 1 kg of coal, costing 8,93 marks per ton. With steam traction, having spent 1 kg of coal, costing moreover 16,32 marks per ton, it was possible to develop a force sufficient to move one ton of cargo over a distance of 7,85 km, with an average speed of 28,6 km/h. At the same time, the cost of maintaining this line, as a ratio to t•km, has now decreased from 0,11 to 0,5 pfennig, i.e., by 0.06 pfennig.

Previously, the rails had to be replaced after 32,000,000 tons of cargo had been transported on them, and now they can withstand the passage of up to 47,500,000 tons of cargo.

With the use of electric energy, the cost of 1 t•km significantly decreased, namely: operating costs for maintenance, operation and repair decreased from 1,25 to 0,80 pfennig or by 0,45 pfennig. The total operating costs, except for the interest on the increasing cost with the transition to electric traction, decreased from 1,82 to 1,27 pfennig, i.e., by 0,55 pfennig. If counted together with interest on fixed capital expended and increased as a result of the introduction of electric traction, we get a decrease in total operating costs, which, as indicated above, reached a decrease per t•km from 1,82 pfennig to 0,27 pfennig, so that the total cost per train-kilometre decreased to 1,55 pfennig. The last two figures are of particular importance when compared with each other, since they indicate that, although with the introduction of electric traction on the existing steam railway, fixed capital is greatly increased, and interest costs naturally increase, operating costs are reduced, and in the end electric traction is more profitable than steam one. In favour of the latter is also the fact that it was possible to increase the average speed of trains from 25 to 32 km/h. Previously, traffic on this road was not very active, but with the introduction of electric traction, the number of completed transportations rose from 69 to 108 million tons • km.

Perhaps the increase in traffic had an impact on reducing the costs attributed to the unit of cargo.

Engineer V. A. Sokovich
(Zheleznodorozhnoe Delo [Rail Business],
1912, pp. 55–56).

The current Situation of Electric Traction in Large States

From Journal des Transports, 1911, No. 12

The decision of the Swiss government to start work on the electrification of all lines of the Swiss federal railways, the report of the Norwegian government commission recommending a study of the method of switching most of the lines of the Norwegian network to electric traction – all this marks a new stage in the spread of electric traction to large railway lines.

The aforesaid progress in the electrification of the great European states would have proceeded still more rapidly had it not been for the difficulty in choosing the current system, and as the wait-and-see attitude of some countries does not entail a delay for them in comparison with other countries in the same state of waiting, the large railway companies prefer to expect more precise instructions, which will not fail to be ascertained from the latest experience before investing the huge capital necessary for the transition to electric traction.

Although the three-phase system has produced the best results in most cases of its application, especially in Switzerland and Northern Italy, the single-phase system and the medium or high voltage DC system are now preferred, depending on the circumstances.

In recent years, there have been lengthy and interesting disputes between representatives of the above-mentioned three systems, and the partisans of the single-phase system are mainly engineers who are in business relations with large interested firms.

Adopting one system for all cases seems impossible; on a case-by-case basis, local conditions should be examined. Thus, the introduction of a third rail in most suburban roads has not yet proved the profitability of its use for lines with weak traffic, as the use of single-phase current in Prussia has not yet shown its suitability for suburban lines. The unification of electrification systems in Prussia was introduced only for strategic reasons.

However, single-phase current has been applied on one commuter line near London and on one near New York, while high-voltage direct current transmitted through trolleys has been installed on numerous commuter lines in America and even in Germany. Currently, the latter system is spreading faster than all others, to the detriment of the single-phase system, which it has supplanted on many American commuter lines.



The New World, apparently, leaves gradually single-phase currents.

Improvements in the transmission of direct current by means of a trolley gave him, in competition with a single-phase current, an advantage at such distances at which the direct current transmitted by the third rail could not compete. It must be thought that if the Prussian government were to make its decision at the present time, it would prefer direct current with a trolley to its single-phase current.

But the Prussian government then had in mind the general picture of all electric railway devices, and not just the direct current commuter lines in England and the United States.

To establish a homogeneous type of material equipment for all electric railways in Germany, the main German designers, of course, prefer to supply the same items to both their own and foreign customers than to prepare new ones for direct currents. The tenacity with which they campaigned in favour of single-phase current cannot surprise those who are familiar with the vigorous activity of German industry.

The efforts of German firms to introduce their material electrical part in European and other countries had been promoted a few years ago by Westinghouse by vigorous propaganda in favour of a single-phase railway traction system.

However, there is no system that is equally applicable to all kinds of conditions. Electric traction has not yet reached such a degree of development that it is possible to wish for the

generalisation of one and the same system. In the interests of the development of the cause itself, it is only to be regretted that the Prussian Government, for strategic or other reasons, made it practically impossible to make widespread use of any new electric traction system within the German Empire.

Although the influence of Germany was strongly reflected in the principal states of Europe, nevertheless the experience of the United States, where the question of the use of various electric propulsion systems was most studied, seeks to change, if not completely reject, European undertakings.

In America, the two systems – based on single-phase and direct current – are most common by various designers; hundreds of miles of track have been operated on both systems for many years. So here you can learn more than in Germany, where the freedom of electrification is closed. The systems of electrical devices in America are very different from those used in Europe, and, nevertheless, their experience is still insufficient to solve the problem of electric traction on large lines. Even in America itself, it is impossible to combine systems, since there are various cases in which single-phase traction is used more conveniently than a high or low voltage DC system. Fortunately, American engineers willingly acquaint themselves with the results of their research and even their mistakes. For example, Mr. Murray, an engineer of the New Haven Railroad Company, owner of the main



single-phase line, and at the same time an ardent supporter of the single-phase system, published the results of his experiments, and at the same time reported the annoyance he felt during the debate in the Society of American Electrical Engineers.

Mr Murray said: «I will give you the most detailed explanation of the operating conditions of the New York, New Haven, and Hartford lines. In the first project, it was about four tracks of 60 miles. Regarding the second project it was discussed that it might be continued to Boston, in total, for 220 miles. With regard to the single-phase system, I have a firm belief in its applicability on large lines. On the contrary, I do not think that it is suitable for long-distance connections; an exception here may be some small separate line or lines, albeit long-distance, but included in the service area of large central lines. But I believe that the single-phase system is the only one in which the director of the railway company can count on savings when transiting from steam to electric traction.

Since the electrification of large railway lines is a matter of the distant future, at present this question has little to do with England.

The introduction of a more expensive and less advantageous system for local lines is of little importance, if we take into account that this does not prevent the use of alternating currents on long lines, at least some of these lines turned into suburban lines or ran in parallel with the latter served by direct currents. In any case, at the border of the suburban network, it will be easier to replace a DC electric locomotive with an AC electric locomotive than to do what has to be done now, when an electric locomotive is replaced by a steam locomotive, while the main arteries are still served by steam traction.

While traction by the direct current transmitted by the trolley is applied almost everywhere for local propulsion, it is possible to find several long runs with weak motion, served partially or even entirely by a single-phase current. This type is represented by the Indianapolis–Cincinnati line, where a current of 3,300 volts and 25 periods operates over a length of 104 miles. In the intercity section of this line, a speed of 50 miles per hour was reached, with a wagon weight of 55 tons, and the work was of satisfactory benefit, although electrification was not cheap, as it is generally the case with single-phase machines, especially because of the high cost of motors. In other states, you can find similar examples when

using currents both alternating in 25 periods and constant currents from 800 to 1700 volts. Lines of this kind, even with increased traffic, make up the majority of completed projects.

Local networks in Chicago, New York, London, Boston, Paris use almost all direct currents. However, there are exceptions, such as the line from New Haven to New York. In Berlin, regardless of strategic considerations, underground lines are powered by direct current. It should be noted that there have been cases when the single-phase method of operation was replaced by another, but there has never been anything like this with direct current. A striking example is the railroad from Washington and Baltimore to Annapolis, where significant savings were obtained.

A significant advantage of a single-phase system lies in the cheaper equipment of the line when transmitting high-voltage energy: the savings are sufficient to compensate for both the weak return of alternating current, and the significant cost of repairs and equipment in general with single-phase current. All this is now much more expensive than repair and equipment with direct current. It follows that with increased traffic, direct current is more profitable, and on a long line with weak movement, a high voltage current should be used.

In large cities, with a central electric station for trams, direct current is preferred.

Usually, generators are arranged three-phase, high voltage, even if the current has to be transformed into a direct, low voltage. Three-phase current can be taken in 25 or 60 periods, but now more single-phase is used, in Europe in 15 periods, and in America – in 25. A current with such a small number of periods is not suitable for electric lighting, neither for plants and factories, three-phase and direct currents are preferable to single-phase currents.

Thus, for a central power plant that supplies currents of all kinds (and this is the ideal of an economical organisation), a three-phase system is the most beneficial. It can give both direct alternating current, and transform it into direct current, and serve for electric lighting and even for powering small single-phase motors. Hence there is a clear need for special projects of detailed estimates for electrical devices, according to local conditions and the purpose of currents.

*(Zheleznodorozhnoe Delo
[Rail Business], 1912, pp. 83–84) ●*



**HISTORICAL
BIBLIOGRAPHY 226**

*Books and textbooks by Professor
N. P. Petrov.*

**SELECTED
ABSTRACTS
OF PH.D. THESES 230**

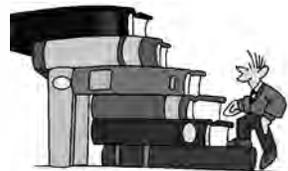
- *Energy efficiency of traction electric drives with static electricity converters and asynchronous traction motors.*
- *Current maintenance of the track in the area of rail joints on especially heavy-duty lines using elastic sleeper pads.*
- *Influence of irregularities of the longitudinal profile on track deformability, traffic safety and energy consumption for train traction.*
- *The methodology for calculating and selecting reactive power compensation devices in the traction power supply system.*

BIBLIO-DIRECTIONS



**NEW BOOKS
ON TRANSPORT
AND TRANSPORTATION 235**

*New editions released and prepared by
Russian and foreign publishing houses
and universities.*

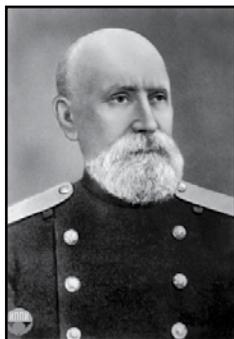


**CONTENTS
OF THE VOLUME
20 OF THE WORLD
OF TRANSPORT
AND TRANSPORTATION
JOURNAL PUBLISHED
IN 2022 236**





Bibliography. The Most Significant Works of Professor N. P. Petrov



Nickolay P. PETROV

Nickolay Pavlovich Petrov is a famous scientist in the field of engineering science. He participated in the preparation of the development strategy of railways in Russian Empire in the second half of the 19th century and in training engineers for railways. He is known as a theorist, and practician of railway construction, participated in the construction of Trans-Siberian, Vladikavkaz and Armavir–Tuapse railroads.

ABSTRACT

In this issue, instead of a review of new books or textbooks on transport and transportation, paying tribute to the oeuvres of our predecessors, the journal reproduces a bibliographic article first appeared more than a century ago in the journal «Zheleznodorozhnoe delo» [Rail Business]. The editors hope that it will help to get an

idea of how concise, meaningful and, in modern terms, informative reviews of scientific literature were compiled at that time, as well as the range of scientific problems considered.

By tradition, the publication retains the vocabulary, punctuation and abbreviations adopted at the beginning of the 20th century.

Keywords: *railways, history of science and technology, scientific literature.*

Acknowledgements: *the editors express their gratitude to the staff of the library of Russian University of Transport for their help in preparing the publication.*

For citation: *Bibliography. The Most Significant Works of Professor N. P. Petrov. World of Transport and Transportation, 2022, Vol. 20, Iss. 6 (203), pp. 226–229. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-13>.*

The portrait of N. P. Petrov is published at the Website of the Russian Academy of Sciences: https://www.ras.ru/win/db/show_per.asp?P=-.id-51715.In-ru.

The text of the archived article in Russian is published in the first part of the issue.
Текст архивной статьи на русском языке публикуется в первой части выпуска.

Professor of Military Engineering Academy and Technological Institute N. P. Petrov enriched Russian technical literature with many fundamental works, representing an independent study of various issues mainly in the field of railway traction and rolling stock. There are more than twenty individual works and brochures by N. P. Petrov. This review offers a brief description of the content of some of these works¹.

I. Outline of teeth of round cylindrical wheels with arcs of a circle («Inzhenerniy Zhurnal», 1870 and 1875)

Teeth of cylindrical wheels, as is known, are usually limited by arcs of an epicycloid and a hypocycloid. The drawing of these curves can only be done by points, and therefore the curves obtained in this way, in addition to the required painstakingness of drawing, cannot be distinguished either by special regularity or uniformity.

Thus, in view of the importance of tooth wheels in machine business, it was quite natural to have many other, simpler ways of drawing teeth, where the above-mentioned curves are replaced by arcs of a circle, without indicating, however, the magnitude of the error that occurs.

Prof. Petrov in two articles published in «Inzhenerniy zhurnal»: 1) showed how to determine in each given case the magnitude of the error from the use of one or another method of outline; 2) derived formulas that make it possible to analytically determine the magnitude of the radii of replacing arcs of a circle and the position of their centers – provided that the error receives the smallest value, and 3) showed the geometric construction of the teeth, subject to the same condition.

II. Friction in machines (1883)

This work, awarded the Lomonosov Prize by the Imperial Academy of Sciences, is, as it were, the first (theoretical) part of one general work, performed by the author on an extensive scale.

¹ Of the rest of the works of the same author, a review on «Determining the speed of a train on a railway» and «Comparing the conditions for a train to move on a single and double traction railway» were published in «Zheleznodorozhnoe delo» of 1890, pp. 362 and 363. Thus, readers of «Zheleznodorozhnoe delo» have got an opportunity to get acquainted with almost all the main works of prof. N. P. Petrov, a respected Russian scientist who enjoys authority outside of Russia. – Ed.

In this work, prof. Petrov presented a number of theoretical considerations about the very nature of the friction force in case of rotation of axes with abundant lubrication – he pointed out that in this case the internal friction of the liquid lubricant is essential, as well as the thickness and temperature of this liquid layer, which separates rubbing surfaces – he built on this basis an independent hydrodynamic theory, – he derived a formula that allows in each given case determining the resistance caused by friction (with rotating axes), if only the coefficients of friction for these lubricating fluids are known, – he determined the values of these coefficients by a long series of experiments and finally confirmed the validity of the formulas proposed by him by comparing friction values in machines, obtained, on the one hand, by direct measurement, and on the other hand, according to the formula, by inserting the corresponding friction coefficients into it.

III. Description and results of experiments on friction of liquids and machines (1886)

This work, which is a natural continuation of the previous work «Friction in machines», was awarded the Metropolitan Macarius Prize by the Imperial Academy of Sciences in 1889.

The formulas derived in the first work based on the hydrodynamic theory of friction in machines proposed by the author, and the provisions arising from them, were confirmed to a sufficient extent by Girn's experiments. But, not content with this, and desiring, in addition, to find corresponding numerical data for mineral oils, Professor Petrov undertook an extensive series of experiments, which had mainly the following goals:

1) to determine for the most commonly used organic and mineral oils – the numerical value of the coefficient of internal, and partly external friction;

2) to determine by experience the magnitude of the friction force developing in machines, and, moreover, under a wide variety of conditions, and thus verify the validity of the formula he proposed for expressing the friction force;

3) to indicate techniques for recognizing the lubricity of various oils.

IV. Friction in machines and the effect of lubricating fluid on it (1887)

This essay embraces the main results of two previous works of prof. Petrov with an indication of the practical results arising from



the experiments and the hydrodynamic theory of the author, with their application to railways and paper mills. In the form of a special application, derivation of formulas expressing the friction force of the central pivot and heel, a description of methods and devices for determining the friction of liquids and a description of methods and devices for testing friction in machines are placed.

In conclusion, a number of examples are given, determining the profitability of using one or another type of lubricant, using the outlines of characteristic curves drawn up by the author and, with determining the amount of fuel and lubricant costs required to overcome friction. These examples clearly show that, depending on the cost of fuel and lubricant, it is sometimes beneficial to use cheap lubricant with a significant coefficient of friction, and sometimes the advantage remains on the side of expensive lubricant with a small coefficient of friction. The graphic technique proposed by the author is extremely simple and can always be applied, as long as there are characteristic curves of various oils. Therefore, it is highly desirable to implement the author's suggestion that determination of internal friction at various temperatures, necessary for the outline of the internal friction curve (characteristic curve), be put in a number of other observations made by both manufacturers and oil receivers.

In connection with the above work, in 1888 in Milan, a special edition of the engineer Pietro Verole appeared, entitled «Ricerche teoriche o sperimentali di Petroff sugli olii lubrificanti», in which he presents *in extenso* the main results of theoretical and experimental research of prof. Petrov.

The essence of the work just considered was published by the author, in a condensed form, in 1889 under the title «Resultats les plus marquants de l'étude thooriquo et oexperimentale sur le frottement mediat».

V. Train resistance on railway (1889)

The named essay, which is part of the course read by the author in St. Petersburg. Technological Institute, published, as the author points out in his preface, with a twofold purpose: 1) to contribute to clarification of a very complex and very important for railway operation question of train resistance, and 2) to acquaint young technicians with techniques for critically evaluating data obtained from experiments.

The author successively analyzes questions about resistance of an individual car to movement, then a train of cars and, finally, a steam locomotive, and thus comes to a general expression for resistance of a train, with a steam locomotive at the head. In relation to each of the mentioned resistances, preliminary theoretical considerations are set out, indicating the form of the formula by which this resistance should be expressed; then a description and results of experiments on foreign roads are given, which had the goal of empirically determining the magnitude of these resistances, and the proposals by various investigators of the corresponding empirical formulas are indicated; after a critical analysis of these experiments and proof of their incompleteness, as well as the unsatisfactoriness of various empirical formulas, the author turns to the type of formula he found theoretically and determines the numerical values of the coefficients, using the results of the most satisfactory experiments.

Having made a brief outline of the structure of the track and the track superstructure, as well as rolling stock, the author analyzes in detail the elements of train resistance, which include: air resistance, friction of solid lubricated and unlubricated bodies, resistance from uneven rails and tires, resistance of wheels to rolling, resistance from inertia when changing speed and finally resistance on slopes.

VI. Transshipment and storage of grain. Coal transshipment (1882)

This work, compiled mainly on the basis of the author's own observations abroad, embraces a systematic description of all the most common methods of transshipment of grain and coal, ranging from transshipment with the help of people and the simplest tools, such as bags and baskets, and ending with steam and hydraulic cranes and elevators, grain hoists.

The description is accompanied by the necessary explanatory drawings, approximate calculations and a considerable amount of details and data regarding the dimensions of the most famous devices, their cost, as well as the cost of the work they do. In addition, it is analyzed in detail in which cases one device has an advantage over another, and attention is drawn to the fact that not always mechanical

devices, although very ingeniously invented, can compete in terms of the cost of work with ordinary work by people.

The second half of the work contains a description of arrangement of various types of stores for storing grain – up to and including elevator stores. This part of the work, written according to the same plan as the first, was at one time the only detailed description of grain elevators and store elevators in our country, with the exception of Zvyagintsev's pamphlet, published in 1878.

VII. About continuous braking systems (1878)

The purpose of this work, as the author explains, was to provide methods for a complete and correct interpretation of experiments on braking systems, since the only method for assessing the comparative merits of one or another system of brakes consists in prolonged observations on the action of brakes, i.e. mainly in determining the length of the path traveled by the train from the moment the brake signal is given to the moment the train comes to a complete stop.

In conclusion, prof. Petrov comes to the following interesting conclusions:

1) A perfect brake system should act by changing the pressure of the pads on the wheels, depending on the speed of the train. Currently, there is no system that satisfies this condition.

2) A brake system with a constant pressure that does not cause the wheel to slide yet stops the train the faster, the greater is this pressure; the length required to stop the train is more than in the previous case from 1,5 to 2 times.

3) A brake system, where a constant pressure is so great that it already causes slipping, turns out to be most satisfactory at a certain specific pressure on the pads, and any decrease or increase in this pressure requires a longer distance to stop.

In this case, the length of the path for a complete stop of the train is closer to the ideal case than under the previous condition.

It should be mentioned that the formulas proposed by the author and the consequences arising from them were fully confirmed in the experiments of Galton, described in *Engineering* for 1878.

4) It is very important that the force necessary for braking be developed instantly,

any gradual decrease in this pressure can only be useful, while an increase is harmful.

Applying his considerations and formulas to comparing the results of experiments carried out abroad and in our country (on St. Petersburg-Varsaw railway) with various brake systems, and comparing them with the results that would be achieved with an ideal brake, the author comes to the conclusion:

a) that the difference in the results of applying different brake systems is not so much due to the brake system, but because the pressure they produce on the wheels is not the same;

b) that the efficiency in all systems is not more than $\frac{1}{2}$;

c) that a further increase in speed of stopping the train can hardly be expected, if only the requirement is maintained that the wheels do not slide along the rails during the entire braking period.

VIII. Determining the speed of a train on a railway with a possible increase in probability of safe movement (1890)

In this brochure, the editing of which was caused by an accident on October 17, 1888, the author draws attention to the fact that in addition to the condition of the track, the characteristics of the locomotive, the habits of the driver, etc., one of the causes of accidents may be a discrepancy between train speed and the data profile and composition of the train.

In view of this, Prof. Petrov gives formulas that allow:

1) determining the maximum safe speed for a given train composition, if only the maximum safe speed is known, with which trains of any other specific composition move along the line;

2) determining for a given profile and composition of the train the maximum speed at which the stop of the train with the help of brakes could be achieved for no more than that at which it is achieved when moving at the highest permissible speed on a horizontal track, provided that when braking, there was also no slip, capable of causing formation of flat spots on the wheels, which had the consequence of hitting the wheels on the rails.

*(Zheleznodorozhnoe Delo
[Rail Business], 1912).*

**Editorial staff of
World of Transport and Transportation ●**



The texts of the abstracts originally written in Russian are published in the first part of the issue.

Тексты авторефератов на русском языке публикуются в первой части данного выпуска

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-14>

Glyzin, I. I. Improving the energy efficiency of traction electric drives with static electricity converters and asynchronous traction motors. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis [*Povyshenie energoeffektivnosti tyagovykh elektropriwodov so staticheskimi preobrazovatelyami elektroenergii i asinkhronnymi tyagovymi dvigatelyami. Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk*]. Moscow, RUT publ., 2022, 18 p.

Russian railways are the second largest transport system in the world. The length of electrified railways in Russia is more than 43 thousand km. «Program for electrification of railway sections of the network of JSC Russian Railways for the period up to 2050» the electrification of sections of railways with alternating current is envisaged, as well as the transfer from direct to alternating current of several sections of railways, which determines the demand for electric rolling stock (ERS) of alternating current on the railway network.

One of the priority areas for development of ERS is to increase energy efficiency and, as a result, reduce the cost of the life cycle of ERS.

On the AC ERS, the conversion of electrical energy coming from the contact network to the traction motors is conducted by a converter system consisting of a traction transformer and a valve converter. The converter system of mass-produced AC electric locomotives consists of a traction transformer and a reversible converter (RCC).

The traction electric drive of a modern AC electric locomotive consists of a converter system, which includes a traction transformer, a semiconductor power converter and asynchronous traction motors. At the same time, the most important task is to create control methods and algorithms that provide the required traction and energy performance and electromagnetic compatibility of the electric locomotive with the infrastructure under conditions of changing parameters of the traction power supply system.

The objective of the work was to increase the energy efficiency of AC electric locomotives with static traction converters equipped with an improved control system.

To achieve this objective, several tasks were solved in the work:

- The analysis of existing control systems for the input converters of the AC electric rolling stock and the structure of the electrical part of the traction electric drive with asynchronous traction motors was conducted.

- A method for reactive power compensation was developed when implementing a leading phase shift of the input current relative to the voltage at the current collector of an electric locomotive with a four-quadrant converter.

- A complex computer model of the system was developed for operation on one feeder zone of two AC electric locomotives with different converter systems.

- An effective method of controlling a four-quadrant converter in the reactive power compensation mode has been chosen.

Elements of scientific novelty included:

- A system of automated control of the traction converter adapted to the changing parameters of the traction network.

- A complex mathematical model of the system «traction network – AC electric locomotive with a four-quadrant (4q-S) converter».

- Technical requirements for new generation AC electric locomotives.

The following research methods were used to solve the problems: numerical and analytical methods for solving differential equations; methods of analysis and calculation of semiconductor converters of electrical energy; methods of mathematical modelling of complex electrical systems; methods of experimental determination of parameters and characteristics of electrical complexes.

The degree of reliability and approbation of the results of the thesis is justified theoretically and is confirmed by the satisfactory agreement of the results obtained in the work with the data of experimental studies obtained during testing of cargo electric locomotives on the experimental ring of the Research Centre VNIIZhT (Shcherbinka), as well as with the results of other researchers, working in this direction.

As a result of the thesis research, based on the analysis of electromagnetic processes in the «traction network – electric locomotive» system, an algorithm for controlling a four-quadrant converter of an electric locomotive operating in traction mode is proposed.

It has been established that when an electric locomotive with a reversible converter operating in

traction mode and an electric locomotive with a four-quadrant converter are located on the same feeder zone, it is possible to maintain the voltage at the required level in the feeder zone by switching the electric locomotive with a four-quadrant converter to the reactive energy generation mode in the contact network. For this purpose, an automated control system for a four-quadrant converter, developed in the thesis and adapted to the changing parameters of the traction network, is proposed.

When analysing domestic and foreign sources of information on the interaction of AC electric rolling stock and traction network, tasks were formulated and concepts for improving the energy efficiency of the electrical system «traction network – electric locomotive» were proposed.

Prospects for further development of the topic may include research on the following issues:

- The possibility of improving the proposed control algorithms for a four-quadrant converter based on signals from contact network voltage sensors installed on operated AC electric locomotives.

- Sensitivity of the control system of the four-quadrant converter to surges of mains current and voltage in the contact network during emergency operation of the traction power supply system.

- The possibility of improving the system in terms of automatic control of four-quadrant converters of several electric locomotives during their parallel operation on the same feeder zone.

05.09.03 – *Electrotechnical complexes and systems*

The work was performed and defended at Russian University of Transport.

Kaplin, V. N. Current maintenance of the track in the area of rail joints on especially heavy-duty lines using elastic sleeper pads. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis [Tekushchee sodержanie puti v zone relsovykh stykov na osobo gruzonapryazhennykh liniyakh s primeneniem uprugikh podshpalnykh prokladok. Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk]. Moscow, RUT (MIIT) publ., 2022, 24 p.

The expediency of straightening the track in the zone of rail joints by laying elastic sleeper pads on the compacted bed of reinforced concrete sleepers is theoretically and experimentally substantiated. The effectiveness of this technical solution has been confirmed by operational observations during the period of processing of more than eight hundred million tons through the pilot area.

The use of elastic sleeper pads at the joints of equalizing spans of a continuous welded track makes it possible to increase the speed of train processing in case of an excess increase in the gap

in winter during the day and, in general, increase the throughput on especially loaded lines.

The objective of the thesis was to determine the effectiveness of the use of various types of sleeper pads placed under the sole of sleepers when straightening settlements in the butt zone within the framework of the current content, based on the analysis of the results of measuring the accumulated deformations of the track, considering the characteristics of labour costs and indicators of track stability.

Research objectives included:

- Theoretical and experimental studies to solve the problems of operation of track joints on reinforced concrete sleepers.

- Technical solutions to improve track stability in the joint area.

The object of the study was the railway track in the zone of rail joints.

The subject of the study was the use of sleeper pads in the process of servicing the railway track in the joint zone to increase its stability.

As a result of the research, solutions were proposed to reduce deformations in the butt zone of the track on reinforced concrete sleepers by laying elastic pads under the sole of sleepers when straightening settlements up to 14 mm with current maintenance of the track.

The possibility of using elastic sleeper pads in the joints on reinforced concrete sleepers to increase the speed of train passage through the gap in the joint up to 32 mm from 25 km/h to 40 km/h is substantiated.

A schedule has been developed for distribution of work when straightening subsidence at the joints on reinforced concrete sleepers with laying of elastic gaskets.

The possibility of using elastic sleeper pads for construction of sections transitional in terms of stiffness from a track without ballast to a standard design has been confirmed.

Possibilities have been proven: the use of elastic sleeper pads for straightening subsidence at joints on reinforced concrete sleepers on especially heavy-duty lines; processing of more than 800 million tons without additional alignment after laying elastic sleeper pads to eliminate subsidence up to 14 mm deep; stability of geometrical and stiffness characteristics of elastic under-sleeper pads after processing of a tonnage of 800 million tons or more.

The choice of stiffness characteristics of elastic sleeper pads is substantiated in terms of accumulation of residual deformations – 40,29 kN/mm.

Theoretical and experimental studies have shown that when using elastic gaskets in the butt zone, vertical forces arising from the interaction of the track and rolling stock are reduced by 1,3 times compared to the typical track design, and accelerations on receiving sleepers of the joint are reduced by 2,9



times by average values and 2,65 times by maximum values.

The use of elastic sleeper pads makes it possible to increase the speed of train processing along the joint with a gap of up to 32 mm from 25 km/h to 40 km/h.

The prospect of research presented in the thesis is to assess the possibility of further increasing the speeds of train processing, depending on design of the joint, and to determine the rational areas of application of the developed joint design in different operating conditions.

2.9.2. *Railway track, survey, and design of railways.*

The work was performed and defended at Russian University of Transport.

Shapetko, K. V. Influence of irregularities of the longitudinal profile on track deformability, traffic safety and energy consumption for train traction. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis [Vliyaniye nerovnostei prodolnogo profilya na deformativnost puti, bezopasnost dvizheniya i raskhod energii na tyagu poezdov. Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk]. Moscow, RUT (MIIT) publ., 2022, 24 p.

In modern conditions of operation of railways under the influence of trains of increased mass and length, including cars with increased axial loads, deformations of the track in the longitudinal profile occur not only in the elements of the track superstructure, but also due to uneven settlement of the roadbed, which contributes to the appearance of long irregularities.

Studies of domestic and foreign experts have made it possible to determine the effect of increasing axial loads on the accumulation of track disorders. However, the process of determining deformability of a railway track by the parameters of irregularities in the profile has not been studied in full due to the lack of tools and standards for determining them in real time.

The relevance of the work is a consequence of the need to develop studies to determine the parameters of the longitudinal profile irregularities and subsequent monitoring of the state of the track by changing the characteristics of these irregularities in areas of heavy traffic, including in the areas of circulation of cars with increased axial loads, as well as the impact of these irregularities on traffic safety and consumption of energy for train traction.

The experience studied by the author made it possible to implement a method for obtaining the parameters of long irregularities for monitoring the railway track according to the measuring systems of track meters to determine the parameters of long irregularities and track deformability, as

well as to carry out calculations and experiments to assess the effect of irregularities on traffic safety and electricity consumption for train traction.

The objective of the study was to determine and monitor the parameters of long longitudinal profile irregularities, the presence of which on the track has a significant impact on track deformability, traffic safety and electricity consumption for train traction.

Research objectives included:

- Development of proposals for assessing track deformability based on data on changes in the parameters of long irregularities in the longitudinal profile.

- Assessment of the impact of long irregularities on traffic safety.

- Assessment of the impact of long longitudinal profile irregularities on the energy consumption for train traction.

The object of the study was associated with the sections of the railway track with long irregularities of the longitudinal profile, the change in the parameters of which may indicate possible (probable) places of deformations of the roadbed.

The subject of the study was the natural irregularities of the longitudinal profile of the track, obtained by geodetic methods from reference systems external to the track, or similar indicators obtained by numerical processing of data from the measuring systems of the track gauge. This made it possible to determine changes in the parameters of irregularities in time, considering the processed tonnage, their influence on track disorders caused by deformability of the base, traffic safety and energy consumption. By «natural» we mean irregularities that describe the real position of the track in the profile in an independent coordinate system and change with an increase in the tonnage processed.

The results obtained during implementation, testing and verification for research purposes of the method for determining the parameters of irregularities of the longitudinal profile, made it possible to prove that the values of long irregularities can be elements of assessing track deformability.

Indicators for assessing track deformability in the longitudinal profile were proposed and implemented.

The data obtained make it possible to analyse the effect of long irregularities caused by track deformability on traffic safety during rolling stock derailments and additional power consumption for train traction.

A new definition of «long irregularity» is introduced as a deviation of the position of a track of a uniform slope in the longitudinal profile, obtained by geodetic methods from external reference points in relation to the track or by the transformation method presented in the work.

The indicators for assessing track deformability based on the data of changes in the parameters of

long irregularities in the longitudinal profile are proposed, which are included in the updated methodology for assessing the impact of rolling stock on the track according to the conditions for ensuring reliability, approved by order of JSC Russian Railways No. 2706/r dated December 22, 2017.

A methodology and a calculation model for monitoring the state of the track by the parameters of long irregularities of the longitudinal profile are developed, which are included in the method of additional monitoring of the state of the track by the parameters of long irregularities of the longitudinal profile, based on the ratio of the length, amplitude, and areas of irregularities, approved by order of JSC Russian Railways No. 2191/r dated October 03, 2019

The main provisions of the methodology for determining the parameters of long irregularities for their monitoring during operation are outlined.

The systematized results of monitoring long irregularities in different regions of the network are presented.

The dependences of the change in the parameters of long irregularities on the processed tonnage are disclosed.

The influence of long irregularities of the longitudinal profile on safety of train traffic is proved.

A system of practical recommendations has been created in terms of monitoring track state parameters according to data containing changes in the characteristics of long longitudinal profile irregularities.

The economic effect is determined from the elimination of long irregularities of the longitudinal profile, which affect the electricity consumption for train traction, which is 157 thousand rubles per 100 km of track with long irregularities at a load density of one hundred million gross tons per day.

The prospect of further development of the topic is to assess the relationship between the parameters of long irregularities and the dynamics of rolling stock in a wide range of speeds and outlines of the profile of long irregularities with development of recommendations for using the results obtained in preparation of the order of JSC Russian Railways on the permissible speeds of trains along the track in the presence of long irregularities.

2.9.2. Railway track, survey, and design of railways.

The work was performed at the Joint Stock Company «Scientific Research Institute of Railway Transport» (JSC «VNIIZhT»), defended at the Russian University of Transport.

Sokolov, D.A. Improving the methodology for calculating and selecting reactive power compensation devices in the traction power supply system. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis

[Sovershenstvovanie metodiki rascheta i vybora ustroystv kompensatsii reaktivnoi moshchnosti v sisteme tyagovogo elektrosnabzheniya. Avtoref. dis... kand. tekh. nauk]. St. Petersburg, PGUPS publ., 2022, 16 p.

In connection with the growing need for a wider use of energy-saving technologies, as well as with the growth of electricity tariffs, the problem of increasing energy efficiency in railway transport has become more and more acute in recent years. The energy strategy of JSC Russian Railways contains, among other things, the issues of energy saving in the traction power supply system.

One of the ways to improve energy efficiency in traction power supply is capacitive reactive power compensation.

This paper considers compensating devices installed in the AC traction network. These devices are quite widespread on the range of railways in our country.

In traction power supply systems of AC railways, a considerable number of unregulated transverse capacitive compensation devices are installed. At the same time, the existing method for choosing their power is based, first, on the need to increase the voltage level and ensure the required bandwidth.

The work was aimed at improving the existing methodology for selecting compensating devices and involves considering power losses in the traction network directly when choosing the power of compensating devices, based on an analysis of the train schedule, along with maintaining the required voltage level at the rolling stock pantograph.

The object of the study was the transverse capacitive compensation devices installed in the AC traction power supply system.

The subject of the study was the methodology for selecting and calculating devices for transverse capacitive reactive power compensation.

The objective of the study was to improve the methodology for choosing the type and power of transverse capacitive compensation devices.

The study analyses the influence of locations and parameters of compensating devices on the level of power losses in the traction network.

Methods for calculating the parameters of a traction power supply system using probability theory and mathematical statistics are considered.

An improved method for selecting and calculating transverse reactive power compensation devices has been developed, which involves statistical processing of the train traffic schedule and considering power losses in the traction network.

A software package has been created for calculating the AC traction power supply system, considering the resistance of the power system, the contact network in which is presented in the form of a line with distributed parameters.



The proposed program was verified by comparing the results with calculations in KORTES complex, physical modelling, and data from AIISKUE automated information-measuring system, tests on a physical model of a particular section of the railway.

In the developed complex, based on the probabilistic analysis of the train schedule, the parameters of the traction power supply system were calculated when compensating devices of several types and capacities were installed at the sectioning post.

According to the methods approved by JSC Russian Railways for the selection and calculation of compensating devices in traction power supply systems, the calculated power of the compensating device installed at the sectioning post was determined – 13,37 Mvar. In this case, the total average daily reactive power consumed for train traction in the considered inter-substation zone is 6,4 Mvar, and therefore the power of the compensating device must be selected according to the latter value. However, for the system under consideration, the maximum possible power of the compensating device according to the condition of limiting the voltage level to 29 kV is only 2,3 Mvar, the value of which was chosen for modelling.

Even though, according to the condition of the maximum allowable voltage, the selected power of the unregulated compensating device turned out to be 5,9 times less than that required to increase the minimum three-minute voltage, the simulation process showed an increase in this value from 18,53 to 20,6 kV, which is only 2 % below acceptable. At the same time, power losses in the traction network remained practically unchanged.

The case of installing a two-stage compensating device is also considered, the power of the first stage of which is half that of the statistically most probable power consumed by the load. The power of the additional stage used in case of an unacceptable voltage drop is selected according to the condition of increasing the minimum instantaneous voltage level to 21 kV. In this case, power losses in the traction network are reduced by 26 %.

In case of using a three-stage device, the power of the stages of which is chosen to be half the average reactive power consumed by one, two and three trains, respectively, the voltage level in the contact network does not fall below 22,6 kV, and the power losses in the traction network are reduced by 28 %.

Operating experience of compensating devices with smooth regulation shows that their use, provided that the voltage is maintained at a level of 25 kV, can reduce power losses by half.

The assessment of the level of electricity losses in the traction network when using several types of compensating devices in relation to their cost showed

that the most advantageous in terms of reducing losses is a two-stage compensating device. At the same time, all of them provide the required voltage level at the current collector of the electric locomotive in the considered section. The relative cost of compensating devices is compared with the most expensive of them – with smooth regulation.

Subject to the requirements for the minimum allowable voltage level in the contact network, depending on the traffic schedule and the consumed reactive power, it is advisable to choose single- and multi-stage compensating devices to minimize power losses. Given the current level of development of automation devices and switching equipment, the installation of non-adjustable non-switchable compensating devices is not recommended. The use of compensating devices with smooth control should be due to the need for a significant increase in throughput in the area under consideration.

The thesis shows that power losses in the traction network do not change when compensating devices are installed, the power of which is selected according to the reactive power consumed by trains. The greatest effect from the installation of compensating devices in terms of reducing losses in the traction network is achieved when the power of the compensating device is 50 % of the reactive power consumed by electric rolling stock.

An improved method for selecting and calculating transverse reactive power compensation devices has been formulated, which implies the choice of the type and power of compensating devices based on statistical processing of the train schedule, considering power losses.

A software package has been developed for calculating the parameters of an AC traction power supply system in MATLAB-Simulink. Its reliability is confirmed by a low (no more than 12 %) error when comparing the results of calculations with the data of AIISKUE system, calculations in KORTES complex and tests on a physical model of a particular section of the railway, as well as three certificates of registration of a computer program.

The effectiveness of the proposed method for calculating and choosing compensating devices during its testing on a model of a particular section of the railway is proved. All the considered devices provide the required voltage level in the contact network, however, the choice of their type and power based on the statistical processing of the train traffic schedule makes it possible to reduce power losses in the traction network by 26 %.

05.09.03 – Electrotechnical complexes and systems.

The work was performed and defended at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University. ●

NEW BOOKS ON TRANSPORT AND TRANSPORTATION

Список на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

The list of titles in Russian is published in the first part of the issue

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-15>

Emirov, A. E., Emirov, N. D. International logistics: Study guide for students of higher educational institutions studying in economic specialties [Mezhdunarodnaya logistika: Uchebnoe posobie dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedenii, obuchayushchikhsya po ekonomicheskim napravleniyam]. Moscow, Yurait publ., 2022, 173 p. ISBN 978-5-534-14927-2.

Ershikov, N. V., Denyak, O. A., Cherepanov, I. V. Logistics: a dictionary of basic terms [Logistika: slovar osnovnykh terminov]. Barnaul, Noviy format publ., 2022, 95 p. ISBN 978-5-00202-097-3.

Kapyrina, V. I., Neklyudov, A. N., Mankov, V. A., Troshko, I. V. Machines and robots for handling operations: Textbook [Mashiny i roboty dlya pogruzochno-nazgruzochnykh rabot: Uchebnik]. Moscow, TMC ERT publ., 2022, 312 p. ISBN 978-5-907479-09-8.

Logistics: foresight research, profession, practice: Proceedings of III National Scientific and Educational Conference. St. Petersburg, October 28, 2022. In 2 parts. Part 1 / Ed. team: V. V. Shcherbakov (editor-in-chief) [et al]. St. Petersburg, SPSEU publ., 2022, 413 p. ISBN 978-5-7310-5863-6 (part 1), ISBN 978-5-7310-5865-0.

Man and transport: psychology, education, ergonomics [Chelovek i transport: psikhologiya, obrazovanie, ergonomika]: Proceedings of National scientific-practical conference with international participation, St. Petersburg, November 11–12, 2021. Ed. by E. F. Yashchenko. St. Petersburg, FSBEI HE PGUPS publ., 2022, 154 p. ISBN 978-5-7641-1758-4.

Transport and logistics of sustainable development of territories, business, state (growth drivers, trends and barriers) [Transport i logistika ustoichivogo razvitiya territorii, biznesa, gosudarstva (draivery rosta, trendy i bariery)]: Proceedings of I International scientific-practical conference, March 31, 2022. Moscow, Sate University of Management, 2022, 147 p. ISBN 978-5-215-03558-0.

Tsvik, L. B., Tarmaev, A. A. Computer technologies for calculation and design of rolling stock: Study guide [Kompyuternye tekhnologii rascheta i proektirovaniya podvizhnogo sostava: Uchebnoe posobie]. Moscow, TMC ERT publ., 2022, 240 p. ISBN 978-5-907479-21-0.

Vakulenko, S. P., Kulikova, E. B., Levshukova, M. Yu. Peculiarities of servicing passengers with limited mobility in railway transport: Study guide [Osobennosti obsluzhivaniya malomobilnykh passazhirov na zhelezodorozhnom transporte: Uchebnoe posobie].

Moscow, RUT (MIIT) publ., 2018, 79 p. ISBN 978-5-902928-80-05.

Voronov, A. A., Delenyan, B. A., Zagnitko, S. N., Smirnova, E. V. Logistics: Study guide [Logistika: Uchebnoe posobie]. Moscow, Sputnik+ publ., 2022, 238 p. ISBN 978-5-9973-6275-1.

Zachesov, A. V., Buntashova, S. V. Transport logistics and transportation organization: Study guide [Transportnaya logistika i organizatsiya perevozok: Uchebnoe posobie]. Novosibirsk, SGUVT publ., 2022, 196 p. ISBN 978-5-8119-0925-4.

Zhdanov, A. G., Svechnikov, A. A., Kozhevnikov, V. A. Fundamentals of tribotechnics of ground transport and technological means [Osnovy tribotekhniki nazemnykh transportno-tekhnologicheskikh sredstv: Uchebnoe posobie]. Moscow, FSBEIAPE «Training-methodological center for education on railway transport», 2022, 160 p. ISBN 978-5-907479-08-1.

Foreign editions published in English

Alternative Fuels and Advanced Vehicle Technologies for Improved Environmental Performance. Towards Zero Carbon Transportation. Eds. R. Folkson, S. Sapsford. Woodhead Publishing, 2022, 798 p. ISBN: 9780323909792.

Biswas, W. K., John, M. Engineering for Sustainable Development: Theory and Practice. John Wiley & Sons, Inc., 2022, 352 p. ISBN 9781119720980. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119721079>.

Di Hu. Analysis and Design of Prestressed Concrete. Elsevier, 2022, 460 p. ISBN 9780128244258.

Hagberg and Benumof's Airway Management. Ed. C. Hagberg. Elsevier, 2022, 992 p. ISBN 9780323795388.

Huang, H., Savkin, A., Huang C. Autonomous Navigation and Deployment of UAVs for Communication, Surveillance and Delivery. John Wiley & Sons, Inc., 2022, 272 p. ISBN 9781119870838. DOI: [10.1002/9781119870869](https://doi.org/10.1002/9781119870869).

Human Factors in Aviation and Aerospace. 3rd ed. Eds. J. Keebler, E. Lazzara, K. Wilson, B. Blickensderfer. Academic Press, 2022, 620 p. ISBN 9780124201392.

Prokop, D. Transportation Operations Management. Elsevier, 2022, 240 p. ISBN 9780128154151.

Renne, J., Wolshon, B., Pande, A., Murray-Tuite, P., Kim, K. Creating Resilient Transportation Systems. Policy, Planning, and Implementation. Elsevier, 2022, 232 p. ISBN 9780128168202.

Teodorovic, D., Janic, M. Transportation Engineering. Theory, Practice, and Modeling. Butterworth-Heinemann, 2022, 1012 p. ISBN 9780323908139.

Transportation Amid Pandemics. A volume in World Conference on Transport Research Society. Eds. Junyi Zhang, Yoshitsugu Hayashi. Elsevier, 2022, 490 p. ISBN 9780323997706. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2020-0-04079-X>.

Compiled by Natalia OLEYNIK ●





Contents of the issues of World of Transport and Transportation Journal published in Vol. 20 (2022)

THEORY

Macheret, D. A.

Roundabout Way Towards High Mobility.

Dialectics of Mobility in the History of Mankind

Iss. 2 (99) pp. 140–150

Tyapukhin, A. P.

Organisational Sustainability Management Principles

Iss. 2 (99) pp. 128–139

SCIENCE AND ENGINEERING

Atapin, V. V.

Criteria of Change of Curvature and Temperature of Rails for Monitoring the Pre-Failure State of a Continuous Welded Rail in Plan

Iss. 6 (103) pp. 138–146

Baranov, T. M., Zainagabdinov, D. A.

Rigidity of Flanged Joints in Prefabricated Tunnel Linings with Tensile Bonding

Iss. 2 (99) pp. 152–163

Egorov, V. V.

Application Potential of Express Diagnostics Complex (Exsys, IMDC-2) for Diesel Engines

Iss. 1 (98) pp. 158–164

Erkebaev, A. Zh.

Control of the Technical Condition of Power Transformers by Acoustic Diagnostics

Iss. 1 (98) pp. 149–157

Gallyamov, D. I., Ovchinnikov, D. V.

Analysis of the Relationship between Rail Cant and Track Gauge Based on the Data Obtained by Track Recording Cars

Iss. 6 (103) pp. 147–154

Gridasova, E. A., Fazilova, Z. T., Nikiforov, P. A., Kosyanov, D. Yu.

White Layer in M76 High Carbon Rail Steel: Formation Mechanism and Properties

Iss. 2 (99) pp. 164–172

Iovleva, E. L., Lebedev, M. P., Filippova, N. A.

Obtaining Arctic Diesel Fuel for Reliable Operation of Vehicles in the Areas of the Far North and the Arctic

Iss. 6 (103) pp. 134–137

Khriptomich, E. V., Shiganov, I. N., Ponomarenko, D. V., Shmelev, S. A., Ishkinyayev, E. D.

Comparative Analysis of Wheelsets Tyres, Hardened Using a Laser or Plasma Heat Source

Iss. 3 (100) pp. 124–130

Kuzmin, V. S., Tabunshchikov, A. K.

Assessment of Locomotive Receivers Sensitivity Using Test Loop with Crossing

Iss. 3 (100) pp. 148–156

Labutin, N. A.

Development of a Numerical Model of the Aerodynamic Interaction of a High-Speed Train, Air Environment and Infrastructure Facilities

Iss. 4 (101) pp. 152–162

Loginova, E. Yu., Kuznetsov, G. Yu.

Improving Traction Characteristics of a Diesel Locomotive with a Hybrid Power Plant

Iss. 3 (100) pp. 139–147

Petrov, G. I., Filippov, V. N., Kurzina, N. M., Sergeev, I. K.

Evaluation of Empty Cars Lift Danger during Shunting Collisions and Transient Modes of Movement in Heavy Trains

Iss. 1 (98) pp. 184–192

Shevlyugin, M. V., Antonov, V. S., Maksimenko, N. V.

Modern Approaches to Design of Traction Power Network Facilities Using BIM Technology

Iss. 1 (98) pp. 142–148

Shutov, D. S., Lakin, I. I.

Forecasting the Residual Life of Wheelsets of 81–740/741

«Rusich» Cars of the Metro Electric Trains

Iss. 3 (100) pp. 131–138

<i>Sotnikov, E. A., Shenfeld, K. P.</i> The Fourth Industrial Revolution and its Impact on Railways <i>Troitskaya, N. A.</i>	Iss. 6 (103)	pp. 126–133
An Innovative Approach to Creation of New Types of Urban Passenger Transport <i>Tsukanov, I. Yu., Lyubicheva, A. N., Kovalev, D. I.</i>	Iss. 1 (98)	pp. 171–183
Lateral Force Evaluation in Vehicle's Wheel Interaction with a Rut <i>Unitsky, A. E., Artyushevsky, S. V., Tsyrlin, M. I.</i>	Iss. 5 (102)	pp. 126–132
Optimisation of the Aerodynamic Shape of a Monorail Suspended Unibus <i>Volkov, A. A., Morozov, M. S.</i>	Iss. 4 (101)	pp. 163–172
Phase Preselector That Suppresses the Image Channel in the Radio Receiver <i>Zheludkevitch, A. M., Zayarny, S. L.</i>	Iss. 1 (98)	pp. 165–170
Rail Track for Light Rail Transit Systems	Iss. 5 (102)	pp. 133–142

MANAGEMENT, CONTROL AND ECONOMICS

<i>Alekseev, N. Yu.</i> Sample Survey of Passenger Traffic by Analysing Wi-Fi Data in Moscow Transport Hub. Part 1 <i>Alekseev, N. Yu.</i>	Iss. 3 (100)	pp. 193–200
Sample Survey of Passenger Traffic by Analysing Wi-Fi Data in Moscow Transport Hub. Part 2 <i>Bubnova, G. V., Boreyko, A. E.</i>	Iss. 4 (101)	pp. 184–204
Conceptual, Organisational and Technological Solutions for Development of Digital Platforms for Managing Transportation along International Transport Corridors <i>Denisov, V. V., Kononov, I. I., Prusov, M. V.</i>	Iss. 4 (101)	pp. 229–239
Management of the Processes of Filling, Storage and Discharge of Grain Cargo at Transport Storage Facilities <i>Efanov, D. V., Khoroshev, V. V., Osadchy, G. V.</i>	Iss. 2 (99)	pp. 182–187
Conceptual Foundations of the Synthesis of Safe Train Traffic Control Systems <i>Efimova, O. V., Pinchuk, S. S.</i>	Iss. 3 (100)	pp. 168–175
Process Approach – the Basis of Digital Transformations <i>Kaizer, E. V., Lebedeva, A. S.</i>	Iss. 1 (98)	pp. 201–206
Assessment of Electric Vehicle Readiness of St. Petersburg Transport Infrastructure <i>Karlov, A. V.</i>	Iss. 3 (100)	pp. 176–186
Transport Policy: Theoretical Base and Economic Aspects <i>Kiselenko, A. N., Sundukov, E. Yu., Tarabukina, N. A.</i>	Iss. 1 (98)	pp. 194–199
Methods to Forecast Transport Systems Development under Modern Conditions <i>Kurenkov, P. V., Solop, I. A., Chebotareva, E. A., Gerasimova, E. A., Kurganova, N. V.</i>	Iss. 3 (100)	pp. 158–167
Reducing the Shortage of Railway Capacity through Introduction of Interval Regulation of Train Traffic <i>Lakin, I. I., Melnikov, V. A.</i>	Iss. 5 (102)	pp. 164–170
Mathematical Methods for Validation of Data on Reliability of Locomotives, Their Operation and Maintenance <i>Lee, Taek Y., Korol, R. G.</i>	Iss. 2 (99)	pp. 199–204
Issues of Integration of Trans-Korean and Continental Railways <i>Levin, D. Yu.</i>	Iss. 2 (99)	pp. 205–214
Train Formation Management. Part 1 <i>Levin, D. Yu.</i>	Iss. 1 (98)	pp. 227–234
Train Formation Management. Part 2 <i>Li, Bingzhang</i>	Iss. 2 (99)	pp. 188–198
Blockchain Technology in Supply Chains of Transport Hubs in the People's Republic of China	Iss. 4 (101)	pp. 217–228



<i>Lyovin, B. A., Piskunov, A. A., Polyakov, V. Yu., Savin, A. V.</i> Training Students for the Use of Artificial Intelligence for Transport Construction	Iss. 1 (98)	pp. 208–213
<i>Makeeva, E. Z., Rychkova, A. S.</i> Building Flexible Systems of Digital Interaction between Transport Process Participants in a Changing Environment	Iss. 6 (103)	pp. 190–196
<i>Malyshev, M. I.</i> Using Artificial Intelligence to Identify Damaged Goods by the External Appearance of the Package when Performing Logistics Operations	Iss. 4 (101)	pp. 205–216
<i>Matantseva, O. Yu., Aredova, A. K., Shchegoleva, I. V.</i> Study of the Influence of Factors on Passenger Service Quality and Efficiency of Rolling Stock Use	Iss. 4 (101)	pp. 240–246
<i>Pankov, V. Yu.</i> A New Method for Calculating the Load on the Roadway	Iss. 1 (98)	pp. 214–226
<i>Poliak, M., Lachmetkina, N. Yu.</i> Pricing in Road Freight Transport	Iss. 5 (102)	pp. 154–163
<i>Rogavichene, L. I., Emets, A. V.</i> Integration of Autonomous Cars with the Infrastructure of the City of St. Petersburg: Study of the Problems	Iss. 2 (99)	pp. 174–181
<i>Shkolina, D. I., Adadurov, A. S., Bekher, S. A.</i> Resource Optimisation of Distributed Manufacturing Processes Using Simulation	Iss. 6 (103)	pp. 174–181
<i>Sivakov, V. V., Kamynin, V. V., Tikhomirov, P. V.</i> Improving Transport Services in Bryansk	Iss. 4 (101)	pp. 247–252
<i>Solntsev, I. V.</i> Assessment of Social Effects Generated by Railways	Iss. 4 (101)	pp. 174–183
<i>Sushko, O. P., Koryagin, N. D.</i> Modelling of Passenger Air Transportation Prices	Iss. 5 (102)	pp. 171–179
<i>Sushko, O.P.</i> Modelling of Air Passenger Transportation in Russia	Iss. 6 (103)	pp. 182–189
<i>Tarasenko, E. A., Eliseev, V. N.</i> Diagnostics of Subsystems of Material and Equipment Supply Chain: Delivery by Rail in Orenburg Region	Iss. 3 (100)	pp. 187–192
<i>Vakulenko, S. P., Evreenova, N. Yu., Kalinin, K. A.</i> Optimal Mode of Interaction between Rail and Ground Urban Passenger Transport within the TIH	Iss. 5 (102)	pp. 144–148
<i>Zemlin, A. I.</i> Problematic Issues of Legalisation of Concepts Used for the Purpose of Legal Regulation of Transport Relationships Involving Self-Driving Cars	Iss. 5 (102)	pp. 149–153
<i>Express Information</i> 16,5 thou km of Roads were Repaired in 2021 in Russia within the Framework of National Safe High-Quality Roads Project	Iss. 1 (98)	P. 200
<i>Express Information</i> Introduction of Intelligent Transport Systems in the Russian Regions	Iss. 1 (98)	P. 80
<i>Editorial</i> Transport Week 2022	Iss. 6 (103)	pp. 156–173
<i>Editorial</i> News of Transport Industry in November-December 2022	Iss. 6 (103)	pp. 197–202
SAFETY, SUSTAINABILITY, ECOLOGY		
<i>Ishkov, A. M., Ivanova, A. E., Boyarshinov, A. L., Filippova, N. A.</i> Road Safety in the Arctic Zone of the Russian Federation	Iss. 5 (102)	pp. 182–191

Kholikov, I. V.

Humanitarian Legal Regulation of Employment of Hospital Ships under Modern Conditions Iss. 5 (102) pp. 192–198

Reyes Suarez, Yarian, Balabin, V. N.

Energy Effect of the Degree of Hydration of Ethanol and the Air Excess Coefficient (α) on the Use of Ethanol-Gasoline Mixtures in Spark Ignition Engines Iss. 4 (101) pp. 254–258

Zemlin, A. I., Matveeva, M. A., Gots, E. V., Torshin, A. A.

Problem Issues of Legal Regulation of the Operation of Cars with an Automated Driving System Iss. 4 (101) pp. 259–263

Express Information

Amendments to Traffic Rules on Personal Mobility Vehicles Iss. 5 (102) P. 180

Express Information

«We need reliability in every single locomotive» Iss. 4 (101) P. 264

EDUCATION AND HRM

Arinicheva, O. A., Malishevsky, A. V.

The Influence of the Socionic Characteristics of a Pilot on the Features of Perception and Interpretation of Displayed Flight Instrument Information Iss. 5 (102) pp. 208–216

Erkhova, M. V., Shumkova, L. G.

Research on Individual Motivators of Graduates of Transport Educational Institutions Iss. 5 (102) pp. 200–207

HISTORY WHEEL

Balabin, V. N., Serbulov, A. Yu.

Thermotechnical Foundations for Creation of Steam-Battery Locomotives Iss. 2 (99) pp. 216–221

Fedyanin, A. I.

On the Edge of Meshchera. History of Forest Roads. Some Facts about the History of Construction of Railway Lines Krivandino–Ryazanovka and Sazonovo–Pilevo. Part 1 Iss. 2 (99) pp. 222–229

Fedyanin, A. I.

On the Edge of Meshchera. History of Forest Roads. Some Facts about the History of Construction of Railway Lines Krivandino–Ryazanovka and Sazonovo–Pilevo. Part 2 Iss. 3 (100) pp. 202–209

Grigoriev, N. D.

Chemist, Practitioner, Teacher... Ivan Alekseevich Kablukov Iss. 1 (98) pp. 242–248

Grigoriev, N. D.

Ivan Gavrilovich Alexandrov. Pages of Life and Achievements Iss. 6 (103) pp. 212–220

Kritsky, A. M.

On the Issue of Cleaning-Up of the Air in Passenger Coaches (1891–1892) Iss. 4 (101) pp. 266–274

Macheret, D. A.

Railway Network Development and the «Big Economic Breakthrough» in Russia Iss. 5 (102) pp. 218–226

Openyshev, O. S., Zemlina, O. M., Yangez, D. I.

Topical Issues of Formation and Development of Moscow Interregional Transport Prosecutor's Office Iss. 6 (103) pp. 204–211

Razuvaev, A. D.

The History of Development of Land Transport Infrastructure: Technical Base and Economic Aspects. Part 2 Iss. 1 (98) pp. 236–241

Verkhovskiy, N. P.

About the Book «Railway Confusion» by N. P. Verkhovskiy. Part 2 Iss. 1 (98) pp. 249–258





Verkhovsky, N. P.

About the Book «Railway Confusion» by N. P. Verkhovsky. Part 3

Iss. 2 (99) pp. 230–240

Editorial | Archived Publication

Discussion of the Report of N. P. Verkhovsky about the Book «Railway Confusion» in the Imperial Russian Technical Society in 1910

Iss. 3 (100) pp. 210–216

Editorial | Archived Publication

Rail News from 1912

Iss. 5 (102) pp. 227–228

Editorial | Archived Publication

Electrical Traction: publication of 1912

Iss. 6 (103) pp. 221–224

BIBLIO-DIRECTIONS

Antonowicz, M., Kabenkov, S. Yu.

65 Years of Publishing Activity of OSJD Bulletin

Iss. 3 (100) pp. 222–229

Bagreeva, E. G.

Legal Regulation of a Market Transport Economics as a Legal Discipline

Iss. 4 (101) pp. 276–279

Kholikov, I. V.

Legal Regulation and Organisation of Control and Supervision Activity: New Methodological Horizons for a New Discipline

Iss. 3 (100) pp. 218–221

Silyanov, V. V.

Textbook on Transportation of Bulky Heavy Cargo

Iss. 2 (99) pp. 242–243

Editorial | Archived Publication

Bibliography. The Most Significant Works of Professor N. P. Petrov

Iss. 6 (103) pp. 226–229

Editorial

Book about Russian University of Transport (MIIT)

Iss. 1 (98) pp. 260–262

Editorial

Materials of OSJD Bulletin Published in the First Half of 2022

Iss. 4 (101) pp. 280–283

SELECTED ABSTRACTS OF D.SC. AND PH.D. THESES SUBMITTED / AT RUSSIAN TRANSPORT UNIVERSITIES

Iss. 1 (98) pp. 263–267;

Iss. 2 (99) pp. 244–247;

Iss. 3 (100) pp. 230–240;

Iss. 4 (101) pp. pp. 284–292;

Iss. 5 (102) pp. 230–236;

Iss. 6 (103) pp. 230–234

NEW BOOKS ON TRANSPORT AND TRANSPORTATION

Iss. 1 (98) P. 268;

Iss. 2 (99) P. 248;

Iss. 3 (100) P. 240;

Iss. 4 (101) P. 292;

Iss. 5 (102) P. 236;

Iss. 6 (103) P. 235

Contents of the Issues of World of Transport and Transportation Journal
Published in Vol. 20 (2022)

Iss. 6 (103) pp. 237–240

OPENING OF THE TRANSPORT OF RUSSIA INTERNATIONAL FORUM AND EXHIBITION



The 16th Transport of Russia International Forum and Exhibition started its work on November 15, 2022.

On this day, the Prime Minister of the Russian Federation Mikhail Mishustin visited the exhibition and presented high state awards to the most distinguished employees of the transport industry.

Once at the exhibition, the head of Government was presented with the results of the work of the State Information System for Electronic Transportation Documents (GIS EPD). Since the start of the test operation of the GIS EPD, more than 10 thousand documents in electronic form have been issued through it. At the first stage, the services of the system are available on a voluntary basis to participants in the road transportation market – the most massive in terms of the number of participants.

The first electronic bill of lading issued in the system in NFT format was also presented. This is a unique digital certificate that is stored on the blockchain and guarantees the authenticity of the item. Now, the system has begun to work with cargo road transport. It is possible to issue three types of documents: electronic bills of lading, electronic work orders and electronic accompanying statements. From March 1, 2023, it will be possible to issue an electronic waybill, an electronic charter agreement and an electronic order (applications).

Long-term prospects for the development of GIS EPD are associated with its replication for all modes of transport: rail, air, sea, and river, as well as for all types of transportation: domestic,

through the territory of the Russian Federation, as well as international, namely export, import, transit operations.

GIS EPD is the «core» of the superservice «Paperless transportation of passengers and goods» created by the Ministry of Transport of Russia. In the future, the use of GIS EPD will ensure the creation of a single information environment for the exchange of documents between participants in the transportation process regarding all the modes of transport, e.g., road, rail, air and sea transport.

Mikhail Mishustin also visited the joint stand of transport projects of the Ministry of Transport of Russia and heard reports on the updating of the Single Air Traffic Management System in the Russian Federation, the comprehensive modernisation of checkpoints across the state



border of the Russian Federation, the development of the Russian sea and river civil fleet, as well as on the renewal of the road network within the framework of the national project on Safe High-Quality Roads and the reconstruction of transport infrastructure facilities. At the stand of Sheremetyevo International Airport, the head of Government attended the presentation of the digital ecosystem for managing production processes, which is the airport's own development.

Compiled based on the news released by the media centre of the Ministry of Transport of the Russian Federation:

<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10490> ●



**World of Transport
and Transportation**

Vol. 20, Iss. 6, 2022

Editor-in-Chief Boris Lyovin

For your letters:
Russian University of Transport,
World of Transport and
Transportation Journal,
9, str. 9, Obraztsova ul.,
Moscow, 127994, Russia.
Tel. +7(495)684 2877
e-mail: mirtr@mail.ru

Почтовый адрес редакции:
127994, Москва,
ул. Образцова, д. 9, стр. 9.
Российский университет
транспорта,
Издательство «Транспорт РУТ»
Тел.: (495)6842877
e-mail: mirtr@mail.ru

