

# Транспорт

## •ТЕОРИЯ •ИСТОРИЯ •КОНСТРУИРОВАНИЕ БУДУЩЕГО

1 2024  
(110)

### СОДЕРЖАНИЕ

Издается  
Российским университетом  
транспорта.

Учрежден МИИТ в 2003 году

Редакционный совет:

**И. Н. Розенберг** – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, научный руководитель РУТ (МИИТ), председатель совета

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

**А. Д. Гвишиани** – доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН

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

**Б. Г. Гусев** – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН

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

**Д. Г. Ессеев** – доктор технических наук, профессор РУТ

**Н. С. Касимов** – доктор географических наук, профессор, академик РАН

**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. Лапидус** – доктор экономических наук, профессор

**Г. Г. Матиев** – доктор географических наук, профессор, академик РАН

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

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

**К. А. Пашков** – доктор медицинских наук, профессор РАН, профессор Московского государственного медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова

**А. В. Сладковский** – доктор технических наук, профессор Сибирского технологического университета (Республика Польша)

**С. С. Соколов** – доктор технических наук, профессор РУТ

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

**А. А. Соловьев** – доктор физико-математических наук, профессор РАН, член-корреспондент РАН

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

**В. Я. Цветков** – доктор технических наук, доктор экономических наук

**Т. В. Шепитко** – доктор технических наук, профессор РУТ

### НАУКА И ТЕХНИКА

*Денис РАЗУВАЕВ, Роман ПЕЧЕНКИН*

Стабилизация основания земляного полотна инъекционным способом при деградации многолетнемерзлых грунтов

6

*Юрий КОЧУНОВ, Дмитрий ЕГОРОВ*

Определение механической прочности композитной траверсы для ВЛ 6–10 кВ методом конечных элементов

17

*Григорий КУЗНЕЦОВ, Елена ЛОГИНОВА,*

*Константин КУДЕЛИН*

Использование электрических накопителей для повышения тяговых свойств автономных локомотивов

24

*Петр ЕГОРОВ, Роман КОБЛОВ, Ярослав НОВАЧУК*

Уточненные подходы к критериям оценки динамики в контакте «колесо–рельс»

30

*Владимир КРАСИЛЬНИКОВ*

Позиционирование колесных пар при измерении линейных параметров

36

### УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА

*Вячеслав ДЮК, Игорь МАЛЫГИН*

Исследование качества обслуживания клиентов авиакомпаний методами машинного обучения

44

*Наталья БОНДАРЕНКО, Юрий КОНАНЕВИЧ,*

*Александр ЗЕМЛИН*

Правовой режим транспортных экосистем, основанных на принципах функционирования искусственного интеллекта

50

*Андрей ШИНКАРУК*

Унификация сроков обслуживания и ремонта пассажирского вагона и его элементов как основная часть реализации эксплуатационного этапа контракта жизненного цикла

58

*Алексей КРАВЧЕНКО*

Концепция интегративного формирования и функционирования системы пассажирского автотранспортного обслуживания в сезонно-циклических условиях региональных курортных агломераций

64

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**И. Н. РОЗЕНБЕРГ –**  
главный редактор  
**Е. Ю. ЗАРЕЧКИН –**  
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  
**М. М. ЖЕЛЕЗНОВ –**  
д.т.н., профессор, доцент МГСУ  
**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  
**Н. А. ФИЛИППОВА –**  
д. т. н., профессор, доцент МАДИ  
**В. М. ФРИДКИН –**  
д.т.н., старший научный сотрудник РУТ  
**С. С. ЧИБУХЧЯН –**  
к.т.н., доцент Национального политехнического университета Армении, заместитель Председателя республиканского союза работодателей Армении  
**В. А. ШАРОВ –**  
д.т.н., профессор РУТ  
**А. К. ШЕЛИХОВА –**  
руководитель редакции

## РЕДАКЦИЯ

**Н. К. ОЛЕЙНИК –**  
технический редактор  
**М. В. МАСЛОВА –**  
английский перевод

При перепечатке ссылка на журнал «Мир транспорта» обязательна.  
© «Мир транспорта», 2023

## БЕЗОПАСНОСТЬ, УСТОЙЧИВОСТЬ, ЭКОЛОГИЯ

*Сергей ЕВТЮКОВ, Фазил ЗЕЙНАЛОВ, Дмитрий МИТРОШИН,  
Александр НОВИКОВ, Анастасия ШЕВЦОВА*

Разработка подхода к анализу показателей аварийности региона 74

*Владимир МОШКОВ, Эдуард ЦХОВРЕБОВ,  
Сахиба КАЛАЕВА, Людмила КОРОЛЕВА*

Анализ нарушений экологических требований  
на автомобильных дорогах, приводящих к угрозам  
возникновения чрезвычайных ситуаций 86

## ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ

*Ольга АНДРЕЕВА, Евгений ХЕКЕРТ,  
Мария СОМКО, Алексей ЕПИХИН*

Интеллектуальные системы управления и университетские  
комплексы транспортной отрасли: тренды и перспективы 94

*Марина ЕРХОВА, Павел ЗОБОВ*

Исследование связи между прогностическими способностями  
курсантов-авиадиспетчеров и их поведением в конфликте 100

## КОЛЕСО ИСТОРИИ

*Екатерина КУЛИКОВА*

К 150-летию академика Владимира Николаевича Образцова  
(биография и библиография) 108

*Александр ГОРБУНОВ, Алексей ФЕДЯКИН, Анастасия ТАНЦЕВОВА*

Академик В. Н. Образцов в истории Московского института  
инженеров транспорта (к 150-летию со дня рождения) 120

*Дмитрий МАЧЕРЕТ, Антон МАЧЕРЕТ*

Товарная структура рынка железнодорожных перевозок:  
история полуторавековой трансформации 130

## КНИЖНАЯ ЛОЦИЯ

*Иван ХОЛИКОВ*

Беспилотные системы: динамика границ эксплуатации  
и перспективы правового регулирования минимизации ее рисков 142

Авторефераты диссертаций 147

Новые книги о транспорте 150

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

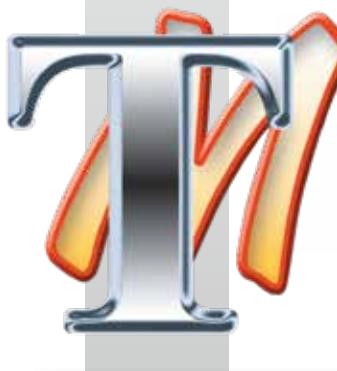
Журнал выходит 6 раз в год. Номер подписан в печать 27.03.2024.

Тираж 150 экз. Цена свободная.

Отпечатано с оригинал-макета ИП Копыльцов Павел Иванович,  
г. Воронеж, ул. Маршала Неделина, д. 27, кв. 56.

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.**



# World of Transport and Transportation

•THEORY  
•HISTORY  
•ENGINEERING  
OF THE FUTURE

Vol. 22<sup>2024</sup>  
Iss. 1

The journal is published  
by Russian University  
of Transport.

Founded in 2003 by MIIT.

## EDITORIAL COUNCIL

**Igor N. Rozenberg**, D.Sc. (Engineering), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Chief Scientific Officer of Russian University of Transport, chairman of the Editorial council

**Alexander C. Golovnich**, D.Sc. (Engineering), Associate Professor of Belarusian State Transport University

**Alexander A. Gorbunov**, D.Sc. (Political Science), Professor of Russian University of Transport

**Boris V. Gusev**, D.Sc. (Engineering), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences

**Alexey D. Gvishiani**, D.Sc. (Physics and Mathematics), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences

**Nikolay A. Duhno**, D.Sc. (Law), Professor of Russian University of Transport

**Dmitry G. Evseev**, D.Sc. (Engineering), Professor of Russian University of Transport

**Nikolai S. Kasimov**, D.Sc. (Geography), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences

**Vladimir I. Kolesnikov**, D.Sc. (Engineering), Member of the Russian Academy of Sciences, Professor of Rostov State Transport University

**Constantine L. Komarov**, D.Sc. (Engineering), Professor of Siberian Transport University

**Bakytzhan M. Kuanышев**, D.Sc. (Engineering), Professor, Deputy Chairman of KAZPROTRANS (Republic of Kazakhstan)

**Boris M. Lapidus**, D.Sc. (Economics), Professor

**Dmitry A. Macheret**, D.Sc. (Economics), Professor of Russian University of Transport, First Deputy Chairman of Joint Scientific Council of JSC Russian Railways

**Gennady G. Matishov**, D.Sc. (Geography), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences

**Leonid B. Mirotin**, D.Sc. (Engineering), Professor of Moscow State Automobile and Road Technical University

**Konstantin A. Pashkov**, D.Sc. (Medicine), Professor of the Russian Academy of Sciences, Professor of A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry

**Taisiya V. Shepitko**, D.Sc. (Engineering), Professor of Russian University of Transport

**Aleksander V. Sladkowski**, D.Sc. (Engineering), Professor of Silesian University of Technology (Republic of Poland)

**Sergey S. Sokolov**, D.Sc. (Engineering), Professor of Russian University of Transport

**Yury I. Sokolov**, D.Sc. (Economics), Professor of Russian University of Transport

**Anatoly A. Soloviev**, D.Sc. (Physics and Mathematics), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences

**Tran Dac Su**, D.Sc. (Engineering), Professor of the University of Transport and Communications (Hanoi, Vietnam)

**Victor Ya. Tsvetkov**, D.Sc. (Economics), D.Sc. (Engineering)

## CONTENTS

Page numbering below refers to the texts in English

### SCIENCE AND ENGINEERING

*Denis A. RAZUVAEV, Roman S. PECHENKIN*

Stabilisation of the Track's Subgrade Foundation by Injection  
in the Case of Degradation of Permafrost Soils

152

*Yury A. KOCHUNOV, Dmitry V. EGOROV*

Determining Mechanical Strength of Composite Traverse  
for 6-10 kV Overhead Power Line with Finite Element Method

163

*Grigory Yu. KUZNETSOV, Elena Yu. LOGINOVA, Konstantin V. KUDELIN*

The Use of Electric Energy Storage Devices to Improve  
Traction Properties of Autonomous Locomotives

170

*Petr E. EGOROV, Roman V. KOBLOV, Yaroslav A. NOVACHUK*

Updated Approaches to Criteria of Assessment of Dynamics  
in Wheel-Rail Contact Area

176

*Vladimir S. KRASILNIKOV*

Positioning of Wheelsets When Measuring Linear Parameters

182

### MANAGEMENT, CONTROL AND ECONOMICS

*Vyacheslav A. DUKE, Igor G. MALYGIN*

Studying the Quality of Airline Customer Service Using  
Machine Learning Methods

190

*Natalia L. BONDARENKO, Yury G. KONANEVICH, Alexander I. ZEMLIN*

Legal Regime of Transport Ecosystems Based on the Principles  
of Artificial Intelligence

196

*Andrey S. SHINKARUK*

Unification of Terms of Maintenance and Repair of Passenger  
Railway Cars and Their Elements as the Main Part of Implementation  
of the Operational Stage of the Life Cycle Contract

203

*Alexey E. KRAVCHENKO*

A Concept of Integrative Development and Functioning of the System of  
Road Passenger Transport Services under Seasonal and Cyclic Conditions in  
Regional Resort Agglomerations

209

**EDITORIAL BOARD**

**Igor N. Rozenberg**, Editor-in-Chief  
**Evgeny Yu. Zarechkin**, Deputy Editor-in-Chief

**BOARD MEMBERS**

**Evgeny S. Ashpiz**, D.Sc. (Engineering), Associate Professor of Russian University of Transport  
**Leonid A. Baranov**, D.Sc. (Engineering), Professor of Russian University of Transport  
**Alexander M. Belostotskiy**, D.Sc. (Engineering), Professor of Russian University of Transport  
**Galina V. Bubnova**, D.Sc. (Economics), Professor of Russian University of Transport  
**Yury A. Bykov**, D.Sc. (Engineering), Professor of Russian University of Transport  
**Suren S. Chibukhchyan**, Ph.D. (Engineering), Associate Professor of the National Polytechnic University of Armenia, Vice-Chairman of National Employer's Union  
**Victor S. Fedorov**, D.Sc. (Engineering), Professor of Russian University of Transport  
**Vladimir M. Fridkin**, D.Sc. (Engineering), senior researcher of Russian University of Transport  
**Victor A. Grechishnikov**, D.Sc. (Engineering), Associate Professor of Russian University of Transport  
**Valeriy I. Kondraschenko**, D.Sc. (Engineering), senior researcher of Russian University of Transport  
**Alexey A. Loktev**, D.Sc. (Physics and Mathematics), Professor of Russian University of Transport  
**Svyatoslav Y. Lutskiy**, D.Sc. (Engineering), Professor of Russian University of Transport  
**Nadezhda A. Filippova**, D.Sc. (Engineering), Professor, Associate Professor of MADI university  
**Oleg E. Pudovikov**, D.Sc. (Engineering), Associate Professor of Russian University of Transport  
**Victor A. Sharov**, D.Sc. (Engineering), Professor of Russian University of Transport  
**Alla K. Shelikhova**, head of Editorial office  
**Vladimir N. Sidorov**, D.Sc. (Engineering), Professor of Russian University of Transport  
**Natalia P. Teryoshina**, D.Sc. (Economics), Professor of Russian University of Transport  
**Maxim M. Zheleznov**, D.Sc. (Engineering), Professor, Associate Professor of MGUS university  
**Vladimir B. Zilyov**, D.Sc. (Engineering), Professor of Russian University of Transport

**SAFETY AND SUSTAINABILITY**

*Sergey A. EVTYUKOV, Fazil N. ZEINALOV, Dmitry V. MITROSHIN, Alexander N. NOVIKOV, Anastasia G. SHEVTSOVA*

Development of an Approach to Analysing Regional Road Traffic Accident Rates 218

*Vladimir B. MOSHKOV, Eduard S. TSKHOVREBOV, Sahiba Z. K. KALAEVA, Lyudmila A. KOROLEVA*

Analysis of Environmental Compliance Violations on Roads Causing Threats of Occurrence of Emergencies 230

**EDUCATION AND HRM**

*Olga V. ANDREEVA, Evgeny V. KHEKERT, Maria L. SOMKO, Alexey I. EPIKHIN*

Intelligent Management Systems and Universities in the Transport Industry: Trends and Prospects 238

*Marina V. ERKHOVA, Pavel V. ZOBOV*

Study of the Relationship Between the Predictive Abilities of Student Air Traffic Controllers and Their Behaviour in a Conflict 244

**HISTORY WHEEL**

*Ekaterina B. KULIKOVA*

The 150<sup>th</sup> Anniversary of Academician Vladimir Nikolaevich Obraztsov (biography and bibliography) 252

*Alexander A. GORBUNOV, Alexey V. FEDYAKIN, Anastasia V. TANTSEVOVA*

Academician V. N. Obraztsov in the History of Moscow Institute of Transport Engineers (dedicated to the 150<sup>th</sup> birth anniversary) 265

*Dmitry A. MACHERET, Anton D. MACHERET*

Commodity Structure of the Railway Transportation Market: the History of a Century and a Half Transformation 276

**BIBLIO-DIRECTIONS**

*Ivan V. KHOLIKOV*

Unmanned Systems: Dynamics of Operational Boundaries and Prospects for Legal Regulation to Minimise Risks 288

Selected Abstracts of D.Sc. Theses

Submitted at Russian Transport Universities 293

New Books on Transport and Transportation 296

Published quarterly since 2003. Bimonthly since 2013.

110 issues have been published since 2003.

Current issues are circulated in 150 hard copies available on subscription.

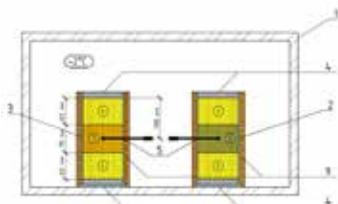
All articles in the journal are published in Russian and English, both versions being entirely identical. The emails of corresponding authors are marked with .

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).

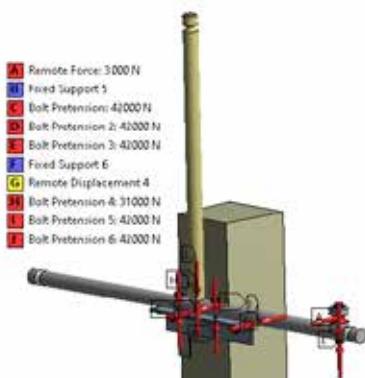
The journal is indexed in Russian scientific citation index system, Russian state library, Socionet, Ulrichsweb, WorldCat.org, etc.

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.



## ИНФРАСТРУКТУРА 6

Стабилизация земляного полотна в районах вечной мерзлоты инъекционным способом: новые подходы.



## ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ 17

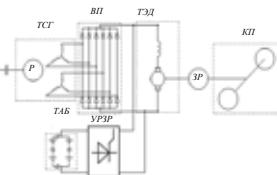
Композитная трааверса: сравнение вариантов оценки надежности.



## ЛОКОМОТИВЫ 24, 30

Насколько тяговая гибридная энергостановка способна повысить эффективность работы тепловоза?

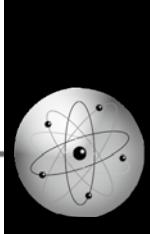
Динамика колеса локомотива: новые подходы, применимость закона механики и ответы на старые вопросы.



## ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ 36

Позиционирование колесных пар: совершенствование устройств продолжается.





# Стабилизация основания земляного полотна инъекционным способом при деградации многолетнemerзлых грунтов



Денис РАЗУВАЕВ



Роман ПЕЧЕНКИН

Денис Алексеевич Разубаев <sup>1</sup>,  
Роман Сергеевич Печенкин <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия.

<sup>1</sup> ORCID 0000-0003-0850-3414; Scopus Author ID: 57204687242; РИНЦ SPIN-код: 3250-0657; РИНЦ Author ID: 726831.

✉ <sup>1</sup> razdenis@mail.ru.

## АНОТАЦИЯ

Расположение инфраструктуры железных дорог на основании из многолетнemerзлых грунтов повышает риски возникновения дефектов и деформации земляного полотна. В России многолетнemerзлые грунты занимают примерно 65 % площади страны. Как следствие, дефектность земляного полотна, расположенного в таких районах Восточного полигона железных дорог России, превышает средний показатель по сети.

Целью исследования является повышение эффективности стабилизации основания земляного полотна железнодорожного пути инъекционным способом при деградации многолетнemerзлых грунтов.

Для эксплуатируемого земляного полотна железных дорог в условиях деградации многолетнemerзлых грунтов и формирования слабых грунтов основания предложен ус-

овершенствованный алгоритм проектирования напорного инъектирования цементо-грунтовых растворов, реализующий комплексный подход.

Поставлен и выполнен лабораторный эксперимент по определению объемов тепловыделения инъекционных растворов различных рецептур за счет экзотермии цемента. Установлена линейная зависимость удельного тепловыделения инъекционных растворов от содержания цемента.

Предложена новая расчетная схема с эквивалентным слоем раствора в зоне стабилизации для прогнозирования величины расщепления многолетнemerзлых грунтов основания при инъектировании материалов с цементным вяжущим. Предложено аналитическое решение рассматриваемой задачи для предварительных расчетов.

**Ключевые слова:** железная дорога, земляное полотно, грунты основания, многолетнemerзлые грунты, деградация многолетнemerзлых грунтов, таликовая зона, слабые грунты, инъектирование грунтов, цементо-грунтовый раствор, тепловыделение растворов.

**Благодарности:** данная работа выполнена при финансовой поддержке гранта ОАО «РЖД» по Договору № 5106471 от 28.12.2022 года на развитие научно-педагогических школ в области железнодорожного транспорта.

**Для цитирования:** Разубаев Д. А., Печенкин Р. С. Стабилизация основания земляного полотна инъекционным способом при деградации многолетнemerзлых грунтов // Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 6–16. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-1>.

**Полный текст статьи в переводе на английский язык публикуется во второй части данного выпуска.**  
**English translation of the full text of the article is published in the second part of the issue.**

## ВВЕДЕНИЕ

Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года<sup>1</sup> предусматривает модернизацию железнодорожной инфраструктуры Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей с развитием пропускных и провозных способностей. При этом надежность и безопасность железнодорожного пути, в том числе земляного полотна, являются основными показателями, требующими особого внимания.

Вместе с тем на сегодняшний день наибольшие риски, свойственные Восточному полигону, связаны с протяженностью дефектного и деформирующегося земляного полотна железных дорог. Это связано с расположением значительной части инфраструктуры железных дорог Восточного полигона на основаниях из многолетнемерзлых грунтов [1–3]. Изменение водно-теплового режима эксплуатируемой системы «насыпь – основание» в таких сложных природно-климатических и инженерно-геологических условиях приводит к деградации многолетнемерзлых грунтов (ММГ) с формированием в основаниях таликовых зон с низкой несущей способностью [3–5].

Аналогичные проблемы наблюдаются и в ряде других стран, таких как Китай [6; 7] и Канада<sup>2</sup>, со схожими природно-климатическими условиями и распространением многолетнемерзлых грунтов в основании сооружений.

Это требует разработки и реализации новых эффективных решений по стабилизации оснований. Одним из возможных эффективных способов повышения физико-механических характеристик слабых грунтов таликовых зон является метод напорной инъекции грунтово-цементного раствора, хорошо зарекомендовавший себя при стабилизации слабых оснований [8; 10; 11].

При этом стоит отметить и недостатки метода напорной инъекции в случае его при-

менения для стабилизации оттаявших многолетнемерзлых грунтов основания. В первую очередь речь идет о нарушении теплообмена [10; 11] в основании в период инъектирования и затвердевания цементо-грунтового раствора из-за его собственной теплоты и процессов экзотермии цементного вяжущего<sup>3</sup>. Эти процессы приводят к дальнейшему расщеплению многолетнемерзлых грунтов и возникновению слоя слабого оттаявшего грунта непосредственно под усиленным массивом. Во-вторых, усиление основания методом напорной инъекции практически не влияет на водно-тепловой режим системы «насыпь – основание» и условия теплообмена сооружения с атмосферой в период дальнейшей эксплуатации. В условиях, в которых положение границы ММГ не стабилизировалось, возможна их дальнейшая деградация, также приводящая к формированию слабых грунтов под усиленным массивом и просадкам.

Для исключения негативных последствий расщепления многолетнемерзлых грунтов в процессе инъектирования в работе [10] предложен алгоритм проектирования итерационного инъектирования. В предложенном алгоритме инъектирование проектируется по стандартной технологии, но в несколько этапов (итераций). При каждой последующей итерации используется значительно меньшее количество раствора и существенно снижается растягивающий эффект. Проектирование стабилизации завершается на той итерации инъектирования, при которой растягивающий эффект не вызывает просадок основания сверх допустимых значений. Однако алгоритм проектирования, предложенный авторами в [10], применим только в условиях стабилизации положения границы ММГ в основании, что резко ограничивает область его применения.

В этой связи целью исследования является повышение эффективности стабилизации основания земляного полотна железнодорожного пути инъекционным способом при деградации многолетнемерзлых грунтов. В настоящей работе представлены предложения по совершенствованию способа проектирования напорного инъектирования цементо-грунтовых растворов для оснований с ММГ.

<sup>1</sup> 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/7enYF2uL5kFZIOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf>.

<sup>2</sup> UCalgary researcher heads up major federal permafrost study in Manitoba [Электронный ресурс]: <https://schulich.ucalgary.ca/news/uocalgary-researcher-heads-major-federal-permafrost-study-manitoba>. Доступ 08.02.2024.

<sup>3</sup> Руководство по бетонированию фундаментов и коммуникаций в вечномерзлых грунтах с учетом твердения бетона при отрицательных температурах / Стройиздат. – НИИЖБ Госстроя СССР, 1982., 160 с.



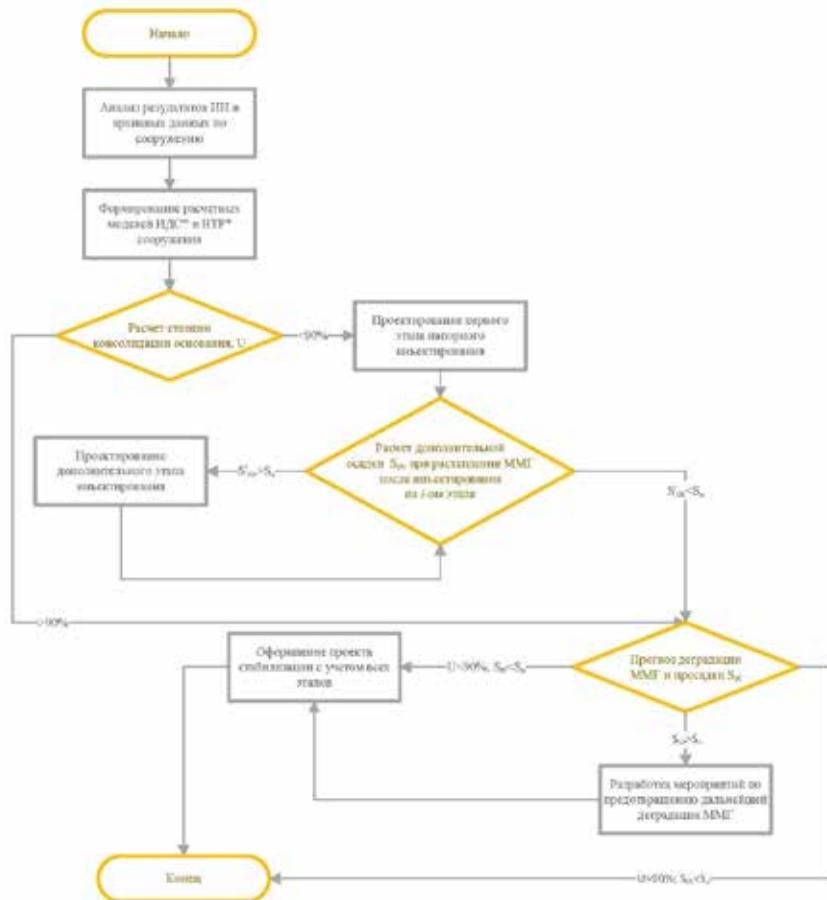


Рис. 1. Усовершенствованный алгоритм проектирования напорного инъектирования цементо-грунтовых растворов для оснований с ММГ (выполнено авторами): ИИ – инженерные изыскания; НДС – напряженно-деформированное состояние; ВТР – водно-тепловой режим;  $S_u$  – допустимая осадка основания земляного полотна;  $S_n$  – осадка основания из-за изменения общего ВТР на участке сооружения.

результаты лабораторного эксперимента по определению объемов тепловыделения инъекционных растворов, а также предложены к обсуждению расчетная схема и метод прогнозирования величины растяжения многолетнемерзлых грунтов основания при инъектировании.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Совершенствование способа проектирования напорного инъектирования

Для адаптации к реальным, широко распространенным условиям эксплуатации железнодорожного пути (положение границы ММГ не стабилизировалось), предлагается подходить к проектированию напорного инъектирования цементо-грунтовых растворов для оснований ММГ комплексно. Это предусматривает выполнение расчетного обоснования комплекса мер, направленных и на

повышение несущей способности грунтов таликовых зон, и на стабилизацию положения границы многолетнемерзлых грунтов основания.

Усовершенствованный алгоритм проектирования напорного инъектирования цементо-грунтовых растворов для оснований с ММГ, реализующий комплексный подход, представлен на рис. 1.

Согласно предложенному алгоритму, решение о повышении физико-механических характеристик (стабилизации) грунтов таликовых зон принимается из условия завершения фильтрационной консолидации основания, а решение о стабилизации положения границы ММГ в основании – из условия не-превышения возникающих из-за деградации предельных значений просадок пути.

Исходя из этих условий, по результатам расчета возможно получение одного из следующих четырех решений:

- стабилизационные мероприятия на участке не требуются;
- требуется стабилизация слабых грунтов таликовых зон без стабилизации положения ММГ;
- требуется стабилизация положения границы ММГ без улучшения характеристик грунтов таликовых зон;
- требуется комплексное решение по стабилизации грунтов таликовых зон и положения границы ММГ.

Для стабилизации слабых грунтов назначается напорное инъектирование цементогрунтовых растворов в несколько этапов [10], а для стабилизации положения границы ММГ – одно из эффективных мероприятий по термостабилизации [6; 12–16]. После реализации всех назначенных мероприятий предусматриваются работы по механизированной выпрямке пути.

Предусмотренное алгоритмом напорное инъектирование выполняется через вертикальные и наклонные иньекторы с откосов земляного полотна, а в случае наличия двух и более путей – дополнительно с межпутного пространства вне габаритов приближения строения [8; 9; 17]. Такая расстановка иньекторов позволяет выполнять работы с минимальными ограничениями движения поездов, а в некоторых случаях – без ограничений [17]. Все работы должны выполняться в межпездной интервал в соответствии с действующими правилами технической эксплуатации пути.

В процессе инъектирования и дальнейшей эксплуатации земляного полотна с элементами термостабилизации выполняется мониторинг температурного поля системы «насыпь – основание». Мониторинг выполняется по установленным до выполнения работ термометрическим скважинам. Скважины устанавливаются в соответствии с действующими нормативными требованиями по измерительным поперечным профилям с обочин, у подошвы насыпи, в междупутье (при необходимости) и в полосе отвода (контрольные). Расстояние между измерительными поперечными профилями назначается при проектировании и зависит от протяженности инъектируемого участка основания и его инженерно-геологических особенностей. Контроль обеспечения несущей способности основания выполняется методами статического

или динамического зондирования мобильными установками [9; 17].

Предложенное в алгоритме проектирования (рис. 1) комплексное решение позволяет не только решить проблему слабых грунтов таликовых зон, но и стабилизировать положение границы ММГ. Положительным техническим эффектом применения данного решения, в отличие от классических способов термостабилизации, является существенное ускорение процесса стабилизации с получением результата в достаточно короткий срок, экономическим – существенное снижение количества и/или мощности, а, соответственно, и стоимости термостабилизирующих устройств.

## Постановка, проведение и результаты лабораторного эксперимента

Для дальнейшего развития расчетно-теоретического аппарата усовершенствованного выше способа проектирования стабилизации оснований с многолетнемерзлыми грунтами поставлен и выполнен лабораторный эксперимент по определению объемов тепловыделения инъекционных растворов различных рецептур за счет экзотермии цемента.

Применение известных зависимостей<sup>3</sup> тепловыделения портландцемента или растворов (бетонов) на его основе [18] для решаемой нами задачи не представляется возможным по ряду причин. Во-первых, инъекционные цементо-грунтовые растворы имеют существенные отличия [17] от общестроительных растворов и бетонов как в плане водоцементного отношения, так и в плане состава, поскольку в качестве основного структурного заполнителя, как правило, используются глинистые и песчаные грунты в различном соотношении. Во-вторых, существующие зависимости, как правило, получены для нормальных температурно-влажностных условий, соответствующих условиям твердения бетонов и растворов в строительных конструкциях. Условия твердения инъекционных растворов, особенно при их применении в талых грунтах основания с близким залеганием ММГ, существенно отличаются от нормальных и, очевидно, влияют на тепловыделение за счет экзотермии цемента.

Анализ существующих методик и подходов к определению тепловыделения цемента при твердении показал, что при таких иссле-



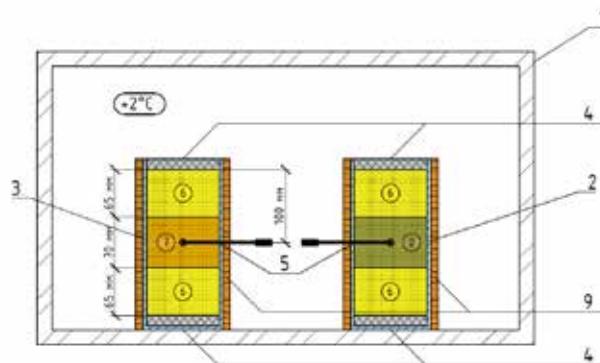


Рис. 2. Калориметр для определения объемов тепловыделения инъекционных растворов на моделях «грунт-раствор-грунт» [выполнено авторами]: 1 – корпус термостатирующей камеры; 2 – форма для испытуемой модели; 3 – форма для модели сравнения; 4 – охлаждающие плиты с термоэлектрическими модулями и датчиками температуры; 5 – датчики температуры; 6 – грунтовая часть модели; 7 – грунтовый раствор в модели сравнения; 8 – цементо-грунтовый раствор в испытуемой модели; 9 – внешняя теплоизоляция форм с моделями.

дованиях в основном используются калориметры с адиабатическим или изотермическим режимом твердения. Адиабатический режим при определении тепловыделения бетона при твердении предусмотрен как отечественными (ГОСТ 24316), так и зарубежными (EN 12390–15:2019, NEQ) нормативными документами. Изотермические калориметры, как правило, используются для определения тепловыделения при твердении цементов<sup>4</sup> (ГОСТ 310.5, BS EN 196–11:2018) либо исследования модельных бетонных смесей [18].

Адиабатический режим подразумевает отсутствие обмена теплотой исследуемой системы с окружающим пространством с закономерным повышением температуры испытываемого образца. Изотермический режим подразумевает проведение испытаний в термостатированной камере, в которой тепловыделение образца рассеивается достаточно быстро, и его температура остается постоянной. Определение тепловыделения при этом выполняется по разнице между тепловыделением исследуемых образцов и образцов сравнения. Основным недостатком адиабатического режима считается непрерывное и существенное повышение температуры образцов (выше, чем в реальных условиях строительных площадок), что приводит к самоускорению процесса тепловыделения

[18]. Изотермические калориметры поддерживают заданную температуру твердения, соответствующую реальным условиям, однако есть ограничения по размерам испытуемых образцов, поэтому исследования проводят на тонкодисперсных растворах или моделях бетонных смесей [18; 19].

Как уже отмечалось ранее, условия твердения инъекционных растворов при их применении в талых грунтах основания с близким залеганием ММГ существенно отличаются от условий в строительных конструкциях, поэтому применение вышеописанных режимов исследования процессов тепловыделения не представляется возможным. В рассматриваемых условиях цементо-грунтовые инъекционные растворы будут твердеть в грунтовом массиве с достаточно низкими температурами. Кроме того, температура инъекционного раствора в процессе твердения в таких условиях будет снижаться. Это связано с его теплообменом в основании с большим объемом охлажденных (0...+4°C), водонасыщенных глинистых грунтов с достаточно высокой теплоемкостью. Такие условия не моделируются ни в адиабатическом, ни в изотермическом калориметре.

Поэтому для выполнения эксперимента на моделях «грунт-раствор-грунт» в условиях, приближенных к описанным выше, сконструирован калориметр на основе аппаратной и программной части прибора ГТ 1.1.12 НПП Геотек.

Эксперимент (рис. 2) заключался в охлаждении термостатированных моделей «грунт-раствор-грунт» и модели сравнения фиксированным тепловым потоком постоянной мощ-

<sup>4</sup> Напр.: An experimental comparison between isothermal calorimetry, semi-adiabatic calorimetry and solution calorimetry for the study of cement hydration (NT TR 522) [Электронный ресурс]: <https://www.nordtest.info/wp/2003/03/28/an-experimental-comparison-between-isothermal-calorimetry-semi-adiabatic-calorimetry-and-solution-calorimetry-for-the-study-of-cement-hydration-nt-tr-522>. Доступ 08.02.2024.

Таблица 1

## Составы испытуемых инъекционных растворов

№ состава	Расход материалов для приготовления 1 литра раствора, г		
	Цемент (ЦЕМ I 42,5Н)	Грунт*: Супесь песчанистая с $I_p=5$	Вода
1	300	1650	180
2	350	1600	220
3	400	1550	260
4	450	1500	270
5	500	1450	360

\* грунт, применяемый в практике инъектирования, обеспечивающий соотношение глинистых и песчаных частиц, близкое к оптимальному [17].

ности. В модели сравнения применялся раствор (7, рис. 2) без добавления цемента. Элементы калориметра и грунтовая часть (6, рис. 2) в моделях термостатировались до температуры  $+2^{\circ}\text{C}$  (показательная температура оттаявших грунтов основания земляного полотна), растворы (7, 8, рис. 2) термостатировались до температуры  $+24^{\circ}\text{C}$  (температура приготовления инъекционных растворов на площадке производства работ в теплый период года). По отношению времени охлаждения испытуемых моделей и модели сравнения до температуры  $+2^{\circ}\text{C}$  в дальнейшем вычислялось удельное тепловыделение инъекционных растворов различных рецептур за счет экзотермии процесса гидратации цемента. Для охлаждения моделей по их торцам устанавливались термостатированные охлаждающие ( $+2^{\circ}\text{C}$ ) плиты (4, рис. 2) с термоэлектрическими модулями и датчиками температуры.

Время проведения эксперимента ограничивалось временем охлаждения моделей до  $+2^{\circ}\text{C}$  по данным с датчиков температуры (5, рис. 2), но не менее трех суток. Температура регистрировалась с интервалами не более пяти минут. При дальнейшем твердении раствора в реальных условиях (более 3–7 суток) тепловыделение продолжается, но в значительно меньшем количестве, которым в инженерных расчетах возможно пренебречь.

Испытуемые модели и модели сравнения приводились к равной модельной теплоемкости  $C_{mod}$ . Это достигалось изменением массы грунтового раствора ( $m_s + m_{ws}$ ) в моделях сравнения до выполнения следующего условия:  $c_s m_{sc} + c_w m_{wc} + c_c m_c = c_s m_s + c_w m_{ws}$ , (1) где  $c_s$  – удельная теплоемкость сухого грунта в растворах,  $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ;

$c_w$  – удельная теплоемкость воды в растворах, принимаемая  $4190 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ;

$c_c$  – удельная теплоемкость цемента в цементо-грунтовом растворе, принимаемая  $800 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ;

$m_{sc}$  – масса грунта в цементо-грунтовом растворе испытуемой модели, кг;

$m_{wc}$  – масса воды в цементо-грунтовом растворе испытуемой модели, кг;

$m_c$  – масса цемента в цементо-грунтовом растворе испытуемой модели, кг;

$m_s$  – масса грунта в грунтовом растворе модели сравнения, кг;

$m_{ws}$  – масса воды в грунтовом растворе модели сравнения, кг.

При изменении массы грунтового раствора в модели сравнения по (1) в обязательном порядке сохранялась пропорция  $\frac{m_s}{m_{ws}} = \frac{m_{sc}}{m_{wc}}$ .

Проведение эксперимента начиналось с подготовки цементо-грунтового раствора (8, рис. 2) для испытуемой модели и грунтового раствора (7, рис. 2) для модели сравнения. Все материалы для растворов предварительно термостатировались до  $+24^{\circ}\text{C}$ , грунт высушивался. Составы испытуемых цементо-грунтовых растворов приведены в таблице 1, составы грунтовых растворов для моделей сравнения подбирались по методике, описанной выше.

Непосредственно после приготовления раствора в заранее термостатированных до  $+2^{\circ}\text{C}$  формах (2, рис. 2) и (3, рис. 2) изготавливались испытуемая и модель сравнения (рис. 3). В качестве грунтовой части модели (6, рис. 2) применялась термостатированная до  $+2^{\circ}\text{C}$  супесь песчанистая, водонасыщенная, пластичной консистенции.

В процессе проведения (рис. 4) лабораторного эксперимента (охлаждения термостатированных моделей «грунт-раствор-грунт») выполнялось построение графиков изменения температуры в середине экспериментальных моделей. Опыт завершался при устойчивом термостатировании системы и моделей до  $+2^{\circ}\text{C}$ , с поддержанием такого состояния не менее суток (общее время проведения эксперимента составляло не менее трех суток).



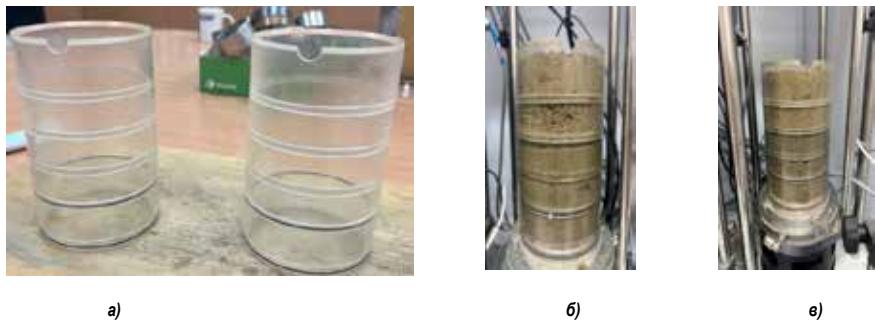


Рис. 3. Изготовление экспериментальных моделей [выполнено авторами]:  
а) формы калориметра; б) модель сравнения с грунтовым раствором;  
в) испытуемая модель с цементо-грунтовым раствором.

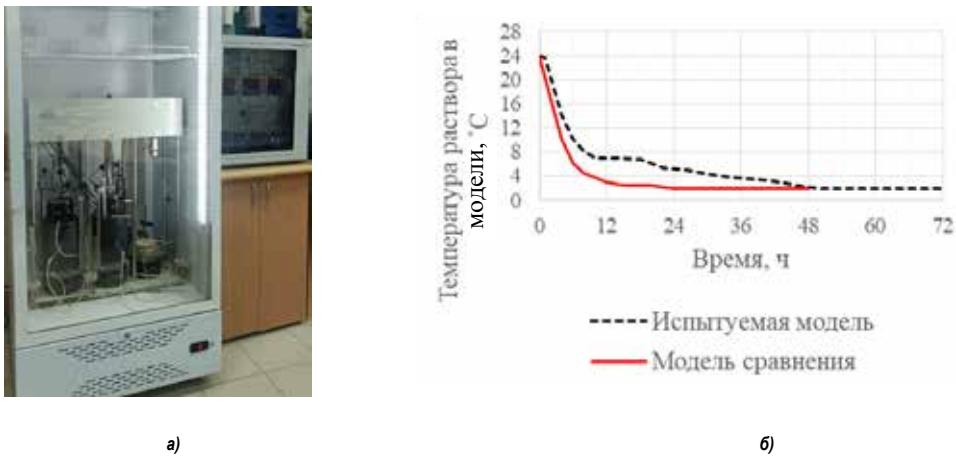


Рис. 4. Проведение лабораторного эксперимента [выполнено авторами]:  
а) общий вид установки; б) пример графика температуры в середине испытуемой модели для состава № 3  
и модели сравнения во времени.

С получаемых графиков снималось время охлаждения испытуемых моделей и модели сравнения  $t_1$  и  $t_2$  соответственно.

Известно, что мощность теплового потока определяется по формуле:

$$N = Q/t, \quad (2)$$

где  $Q$  – количество теплоты, переданное системе, Дж;  $t$  – время, с.

Учитывая, что плиты с термоэлектрическими модулями (4, рис. 2) охлаждали испытуемую модель (с цементом) и модель сравнения (без цемента) с одинаковой мощностью, но различное время,  $t_1$  и  $t_2$  соответственно, и допуская, что из-за наличия теплоизоляции, плиты охлаждали только модели без расхода мощности на остальные элементы системы, справедливо выражение:

$$\frac{Q_{mod}}{t_2} = \frac{Q_{mod} + Q_c}{t_1}, \quad (3)$$

где  $Q_{mod}$  – количество теплоты, переданное от плит (4, рис. 2), для охлаждения (термостатирования до  $+2^\circ\text{C}$ ) моделей равной теплоемкости, Дж;

$Q_c$  – количество теплоты, переданное от плит (4, рис. 2), для компенсации тепловыделения цемента при твердении в испытуемой модели, Дж.

$$\text{Тогда, } Q_c = Q_{mod} \cdot \left( \frac{t_1}{t_2} - 1 \right). \quad (4)$$

Принимая во внимание, что итоговое значение температуры заранее термостатированной грунтовой части модели не изменилось, а все количество теплоты  $Q_{mod}$  компенсировало охлаждение грунтового раствора в моделях, тогда, с учетом равенства (1):

$$Q_c = (c_s \cdot m_s + c_w \cdot m_{ws}) \cdot \Delta T \cdot \left( \frac{t_1}{t_2} - 1 \right), \quad (5)$$

где  $\Delta T$  – изменение температуры грунтового раствора в модели,  $K$ .

Удельное тепловыделение инъекционных растворов за счет гидратации цемента при твердении в кДж на один литр материала вычисляется как:

$$q_c = 0,001 \cdot \frac{Q_c}{V_{is}}, \quad (6)$$

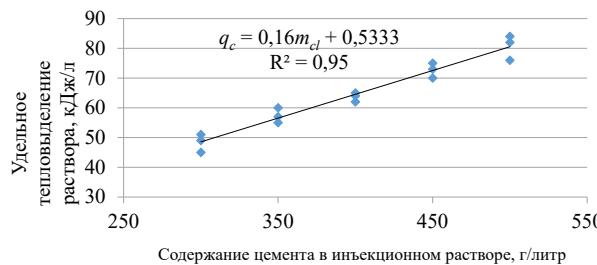


Рис. 5. Зависимость удельного тепловыделения инъекционных растворов от содержания цемента при инъектировании слабых грунтов таликовых зон [выполнено авторами].

где  $V_{is}$  – объем раствора в моделях, принимаемый 0,5495 л.

По каждому из исследуемых составов (таблица 1) выполнена серия из трех лабораторных экспериментов, по результатам которых выявлена зависимость удельного тепловыделения инъекционных растворов  $q_c$  от содержания цемента  $m_{cl}$  (в интервале от 300 до 500 г/л), представленная на рис. 5.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выявленную зависимость (рис. 5) возможно аппроксимировать линейной функцией:

$$q_c = 0,16m_{cl} + 0,5333, \quad (7)$$

которую в дальнейшем предлагается использовать для прогнозирования объемов тепловыделения инъекционных растворов различных рецептур за счет экзотермии цемента при проектировании напорного инъектирования цементо-грунтовых растворов в таликовые зоны оснований с ММГ. Данная зависимость учитывает как условия твердения инъекционных растворов в рассматриваемых условиях, так и особенности их состава. Для иных условий инъектирования, существенно отличающихся от рассматриваемых в работе, рекомендуется выполнять непосредственное определение удельного тепловыделения инъекционного раствора по описанной выше методике.

Для прогнозирования величины растепления  $h_{thi}$  многолетнemerзлых грунтов основания при инъектировании цементных растворов предлагается к обсуждению расчетная схема с эквивалентным слоем (рис. 6). Очертание железнодорожной насыпи (1, рис. 6) на расчетной схеме, а также границы между консолидированными (2, рис. 6), неконсолидированными (3, рис. 6) и многолетнemerзлыми (4, рис. 6) грунтами основания, и, как следствие, форма таликовой зоны принимаются по результатам инженерных изысканий на конкретном объекте.

Зона инъекционной стабилизации основания (5, рис. 6) назначается по результатам оценки НДС с учетом фактической структуры и состава слагающих его грунтов. По результатам расчетов несущей способности и осадки основания назначается ширина и мощность  $h_{sl}$  зоны стабилизации. Для обеспечения требуемых физико-механических характеристик усиленного основания подбирается средневзвешенный коэффициент армирования зоны стабилизации раствором  $k_a$  с учетом количества инженерно-геологических элементов в этой зоне и их относительного объема. На практике [17], раствор в зоне стабилизации распространяется хаотично, в виде массивов, столбов и прослоев, что усложняет проведение теплотехнических расчетов. Поэтому для определения величины растепления ММГ в основании  $h_{thi}$  при инъектировании предлагается использовать расчетную схему (рис. 6) с эквивалентным слоем раствора (5э, рис. 6) мощностью  $h_{el}$  в нижней части зоны стабилизации (у кровли ММГ).

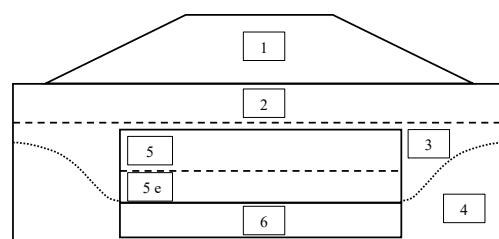


Рис. 6. Расчетная схема для прогнозирования величины растепления ММГ в основании при инъектировании цементо-грунтовых растворов [выполнено авторами]: 1 – железнодорожная насыпь; 2 – консолидированные глинистые грунты основания; 3 – неконсолидированные глинистые грунты основания; 4 – многолетнemerзлые грунты основания; 5 – зона стабилизации грунтов основания инъектированием цементо-грунтовых растворов; 5э – эквивалентный слой раствора в зоне стабилизации; 6 – зона растепления (деградации) ММГ за счет тепловыделения инъекционного раствора.



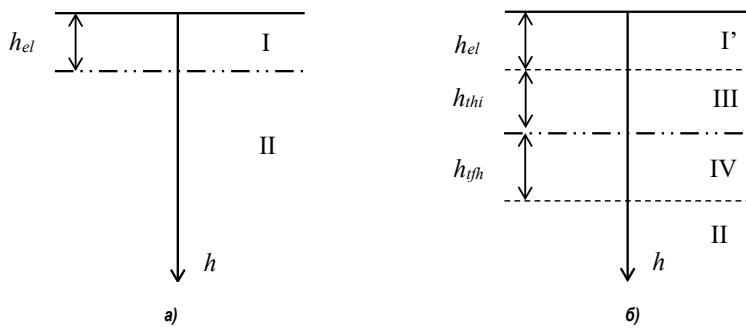


Рис. 7. Характерные зоны при тепловом взаимодействии цементо-грунтовых растворов и ММГ при инъектировании [выполнено авторами]: а) до проведения инъектирования; б) после проведения инъектирования.

Такой подход не только не вносит существенных ошибок в теплотехнические расчеты, но и соответствует реальным условиям напорного инъектирования, когда раствор распространяется в зоны наименее консолидированных грунтов основания. При этом:

$$h_{el} = k_a \cdot h_{sr} \quad (8)$$

Мощность зоны растепления  $h_{thi}$  многолетнемерзлых грунтов основания (6, рис. 6) рекомендуется определять с помощью специализированных программных комплексов с заданием внутреннего источника теплоты в виде эквивалентного слоя в соответствии с предложенной расчетной схемой. Объем общего тепловыделения следует определять в зависимости от начальной температуры и состава инъекционных растворов, а также удельного тепловыделения  $q_c$ , определенного по результатам испытаний или зависимости (7) при инъектировании схожими материалами и в условиях, схожих с рассмотренными в работе. По результатам расчета мощности зоны растепления, в соответствии с алгоритмом проектирования напорного инъектирования (рис. 1), возможно оценить дополнительную осадку основания  $S_{thi}$  при растеплении ММГ, а также оценить

необходимость и количество дополнительных этапов (итераций) инъектирования.

Для инженерных расчетов предлагается упрощенный метод прогнозирования величины  $h_{thi}$ . Подобные упрощенные расчеты применяются, например, в Руководстве<sup>3</sup>, при этом для решаемой задачи их использование не обосновано, поскольку в них применяются расчетные схемы, материалы и некоторые теплофизические параметры, которые не соответствуют рассматриваемым нами условиям.

Эту задачу предлагается решать в одномерной постановке по оси насыпи и рассматривать на первом этапе тепловое взаимодействие зоны I мощностью  $h_{el}$  со слабыми грунтами основания в талом состоянии и средней температурой  $T_i$  и зоны II, представленной многолетнемерзлыми грунтами основания (рис. 7 а). Теплотехнические параметры грунтов в указанных зонах определяются по результатам изысканий. Поскольку, в общем, в работе рассматриваются условия деградации ММГ, температура на границе талых и мерзлых грунтов принимается как  $T_{th}$  — температура окончания оттаивания грунтов.

После инъектирования (рис. 7 б) слабые грунты зоны I рассматриваются как эквивалентный слой раствора (5Э, рис. 6) мощностью  $h_{el}$ . Эта зона (I') является расчетной зоной тепловыделения инъекционного раствора с начальной температурой  $T_{sc}$  и мощностью  $h_{el}$  за счет собственной теплоты и теплоты экзотермии цемента. Количество теплоты, выделенное в данной зоне, составит:

$$Q_{I'} = \left[ \left( c_s \cdot m_{sc} + c_w \cdot m_{wc} + c_c \cdot m_c \right) \cdot \left( T_{sc} - T_{I'} \right) + q_c \cdot 10^6 \right] \cdot h_{el} \cdot a, \quad (9)$$

где  $m_{sc}$ ,  $m_{wc}$ ,  $m_c$  — соответственно расход грунта, воды и цемента в проектном цементо-

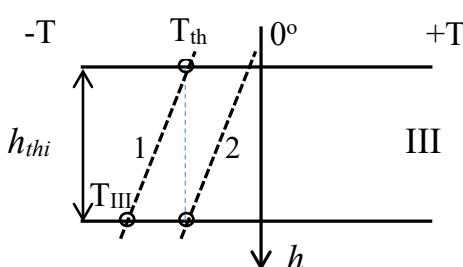


Рис. 8. Схема изменения температуры в зоне III после инъектирования и стабилизации температурного фона [выполнена авторами]: 1, 2 — температурное поле до и после оттаивания ММГ соответственно.

грунтовом растворе (для приготовления 1 м<sup>3</sup>), кг/м<sup>3</sup>;

$T_I$  – температура зоны I' после полного затвердевания раствора и стабилизации температуры по окружающему грунту, принимаем  $T_I \approx T_p$ , К;

$a$  – коэффициент, равный 1 м<sup>2</sup>.

В зоне III с мощностью  $h_{thi}$  происходит деградация ММГ за счет тепловыделения инъекционного раствора. Количество теплоты, поглощенное данной зоной, складывается из теплоты, необходимой для фазового перехода «лед–вода», а также теплоты, необходимой для повышения температуры сначала мерзлых, а затем (после фазового перехода) талых грунтов:

$$Q_{III} = \left[ \lambda_i \cdot \rho_d^f \cdot (W_{tot} - W_w) + \left( \frac{c_f + c_{th}}{2} \right) \cdot (T_{th} - T_{III}) \right] \cdot h_{thi} \cdot a, \quad (10)$$

где  $\lambda_i$  – удельная теплота плавления льда, Дж/кг;

$\rho_d^f$  – плотность скелета многолетнемерзлых грунтов, кг/м<sup>3</sup>;

$W_{tot}$  – суммарная влажность многолетнемерзлых грунтов, д.е.;

$W_w$  – влажность многолетнемерзлых грунтов за счет не замерзшей воды, д.е.;

$c_f$  – удельная теплоемкость многолетнемерзлых грунтов, Дж/(м<sup>3</sup>·К);

$c_{th}$  – удельная теплоемкость оттаявшего грунта, Дж/(м<sup>3</sup>·К);

$T_{III}$  – максимальная отрицательная температура ММГ в зоне III до выполнения инъектирования по данным изысканий, К.

Выражение (10) справедливо при изменении температуры в зоне III по схеме, представленной на рисунке 8.

В зоне IV с мощностью  $h_{gh}$  происходит повышение температуры ММГ за счет тепловыделения инъекционного раствора. Количество теплоты, поглощенное данной зоной, составит:

$$Q_{IV} = c_f \cdot \left( \frac{T_{th} - T_{III}}{2} \right) \cdot h_{gh} \cdot a. \quad (11)$$

При неоднородности структуры и состава грунтов в зонах III и IV физические характеристики грунтов, в том числе их теплоемкости, используемые в (10) и (11), рекоменду-

ется принимать по среднему значению в пределах рассматриваемых зон.

Допуская, что основная часть тепловыделения от инъекционного раствора в итоге будет направлена на растепление многолетнемерзлых грунтов основания, без существенного рассеивания тепла через значительную толщу вышележащих грунтов в атмосферу, справедливо выражение:

$$Q_I = Q_{III} + Q_{IV}. \quad (12)$$

Тогда  $h_{thi}$  можно определить через приведенное внизу страницы аналитическое решение (13), которое позволяет решать задачу прогноза величины растепления ММГ при инъектировании на основании данных, получаемых по результатам инженерных изысканий на объекте, а также решений и предложений, полученных в настоящей работе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для повышения эффективности стабилизации основания земляного полотна железнодорожного пути при деградации ММГ усовершенствован способ проектирования напорного инъектирования цементо-грунтовых растворов. Способ адаптирован к реальным, широко распространенным условиям эксплуатации железнодорожного пути на слабом основании при оттаивании ММГ.

Описаны постановка и проведение, а также даны результаты лабораторного эксперимента по определению объемов (рис. 5) тепловыделения инъекционных растворов различных рецептур за счет экзотермии цемента.

Предложена расчетная схема для прогнозирования величины растепления ММГ в основании при инъектировании цементо-грунтовых растворов для теплотехнических расчетов в специализированных программных комплексах. Кроме того, предложено аналитическое решение для инженерных расчетов (13). В дальнейшем возможно совершенствование полученного аналитического решения на основе определения некоторых эмпирических коэффициентов.

Полученные результаты позволяют выполнить прогноз величины растепления  $h_{thi}$  мно-

$$h_{thi} = \frac{\left[ (c_s \cdot m_{sc} + c_w \cdot m_{wc} + c_c \cdot m_c) \cdot (T_{sc} - T_I) + q_c \cdot 10^6 \right] \cdot h_{el} - c_f \cdot \left( \frac{T_{th} - T_{III}}{2} \right) \cdot h_{gh}}{\lambda_i \cdot \rho_d^f \cdot (W_{tot} - W_w) + \left( \frac{c_f + c_{th}}{2} \right) \cdot (T_{th} - T_{III})}. \quad (13)$$





голетнемерзлых грунтов основания при инъектировании цементных растворов и в дальнейшем оценивать дополнительную осадку основания  $S_{thi}$ , а также необходимость и количество дополнительных итераций инъектирования.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

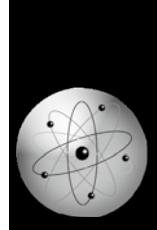
1. Сазонов В. Н., Ашпиз Е. С. Актуальные проблемы обеспечения надежности земляного полотна на Восточном полигоне // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 9. – С. 28–31. EDN: UJYKON.
2. Ланис А. Л., Разуваев Д. А. Инженерное обследование основания земляного полотна на подходах к мостам в зоне многолетнемерзлых грунтов (на примере участка Лопча–Хороготчи Дальневосточной железной дороги) // Политранспортные системы: материалы IX Международной научно-техн. конференции, Новосибирск, 17–18 ноября 2016 года / Сибирский государственный университет путей сообщения. – Новосибирск: СГУПС, 2017. – С. 113–117. EDN: ZWVQLJ.
3. Кудрявцев С. А., Кажарский А. В., Вальцева Т. Ю. [и др.]. Конструкции усиления насыпей железных дорог на вечномерзлых грунтах при строительстве вторых путей Восточного Полигона // Проектирование развития региональной сети железных дорог. – 2016. – № 4. – С. 243–250. EDN: XEEEXQJ.
4. Lanis, A. L., Razuvaev, D. A. Systematization of features and requirements for geological survey of railroad subgrades functioning in cold regions. Sciences in Cold and Arid Regions, 2017, Vol. 9, Iss. 3, pp. 205–212. DOI: 10.3724/SPJ.1226.2017.00205. EDN: XOEQKD.
5. Ашпиз Е. С., Вавринюк Т. С. Расчет деформаций насыпей в районах мерзлоты // Мир транспорта. – 2012. – Т. 10. – № 3 (41). – С. 102–107. EDN: PCDSHT.
6. Harris, S. A. The Tibetan Railroad: Innovative Construction on Warm Permafrost in a Low-Latitude, High-Altitude Region. In: Engineering Earth: The impacts of megaengineering projects. Springer Science and Business Media, 2011, Chapter 43, pp. 747–765. DOI: 10.1007/978-90-481-9920-4\_43.
7. Liu, H., Huang, S., Xie, C., Tian, B., Chen, M., Chang, Z. Monitoring Roadbed Stability in Permafrost Area of Qinghai-Tibet Railway by MT-InSAR Technology. Land. 2023, Vol. 12, Iss. 2, 474. DOI: <https://doi.org/10.3390/land12020474>.
8. Ашпиз Е. С., Вавринюк Т. С. Усиление деформирующихся длительно эксплуатируемых насыпей на многолетнемерзлом основании // Политранспортные системы: материалы IX Международной научно-техн. конференции, Новосибирск, 17–18 ноября 2016 года / Сибирский государственный университет путей сообщения. – Новосибирск: СГУПС, 2017. – С. 86–90. EDN: ZWVQLJ.
9. Ланис А. Л. Применение метода напорной инъекции для усиления насыпей // Путь и путевое хозяйство. – 2009. – № 6. – С. 33–35. EDN: RXHCMF.
10. Lomov, P. O., Lanis, A. L., Razuvaev, D. A., Kavardakov, M. G. Stabilizing subgrades of transport structures by injecting solidifying solutions in cold regions. Sciences in Cold and Arid Regions, 2021, Vol. 13, Iss. 5, pp. 357–365. DOI: 10.3724/SPJ.1226.2021.21040. EDN: DKSADH.
11. Sakharov, I., Kudryavtsev, S., Paramonov, V. [et al.] Ensuring the operational suitability of buildings, railways and bridges in the Arctic zone in conditions of global warming // X International Scientific Siberian Transport Forum – TransSiberia 2022, Novosibirsk, 02–05 марта 2022 года. Novosibirsk, Elsevier B.V., 2022, pp. 2506–2514. DOI: 10.1016/j.trpro.2022.06.288. EDN: GXCWVQ.
12. Ашпиз Е. С. Опыт сооружения земляного полотна на железных дорогах, расположенных на многолетнемерзлых грунтах: проблемы и пути их решения // Бюллетень Объединенного научного совета ОАО РЖД. – 2019. – № 1. – С. 21–27. EDN: TQJHVX.
13. Кондратьев В. Г., Валиев Н. А. Технология и результаты дополнительного охлаждения откосов земляного полотна на центральном участке БАМ // Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов: XV Международная научно-практическая конференция: сб. ст. в 3 ч., Чита, 30 ноября – 02 декабря 2015 года. Часть 3. – Чита: Забайкальский государственный университет, 2015. – С. 156–161. EDN: VHKJST.
14. Пасек В. В., Краев А. Н., Пасков М. В., Андреев В. С. Стабилизация температурного режима грунтов оснований сооружений в сложных мерзлотно-грунтовых условиях заполярной и приполярной тундры // Вестник Тюменского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 4. – С. 89–93. EDN: VHLWLR.
15. Пасек В. В., Воробьев С. С., Поз Г. М., Пасек В. В. Система поверхностного охлаждения насыпей в зоне вечной мерзлоты // Путь и путевое хозяйство. – 2024. – № 1. – С. 2–6. EDN: NLTQVZ.
16. Кудрявцев С. А., Вальцева Т. Ю., Котенко Ж. И., Гаврилов И. И. Прогнозирование процессов промерзания и деградации многолетнемерзлых оснований насыпей // Путь и путевое хозяйство. – 2022. – № 4. – С. 34–35. EDN: DQWLLR.
17. Ланис А. Л. Армирование эксплуатируемых высоких насыпей с инъектированием твердеющих растворов // Дисс... докт. техн. наук. – М.: РУТ, 2019. – 409 с. EDN: YYKKOJ.
18. Баранник Н. В., Котов С. В., Потапова Е. С., Малахин С. С. Определение тепловыделения бетона при его твердении в изотермических условиях // Вестник НИЦ Строительство. – 2022. – № 2 (33). – С. 44–62. DOI: 10.3758/2224-9494-2022-2(33)-44-62. EDN: HMGIMM.
19. Wadsö, L. Operational issues in isothermal calorimetry. Cement and Concrete Research, 2010, Vol. 40, Iss. 7, pp. 1129–1137. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2010.03.017>.

### Информация об авторах:

**Разуваев Денис Алексеевич** – кандидат технических наук, доцент, заведующий научно-исследовательской лабораторией «Контроль качества дорожных одежд и земляного полотна» Сибирского государственного университета путей сообщения, Новосибирск, Россия, [razdenis@mail.ru](mailto:razdenis@mail.ru).

**Печенкин Роман Сергеевич** – аспирант, инженер Сибирского государственного университета путей сообщения, Новосибирск, Россия, [roma.pechenkin@yandex.ru](mailto:roma.pechenkin@yandex.ru).

Статья поступила в редакцию 07.02.2024, одобрена после рецензирования 14.03.2024, принята к публикации 27.03.2024.



# Определение механической прочности композитной траверсы для ВЛ 6–10 кВ методом конечных элементов



Юрий КОЧУНОВ



Дмитрий ЕГОРОВ

Юрий Александрович Кочунов<sup>1</sup>,  
Дмитрий Викторович Егоров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО «НПП «ЭЛЕКТРОМАШ», Екатеринбург, Россия.

<sup>2</sup>Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Россия.

<sup>1</sup>ORCID 0000-0001-6955-283X; РИНЦ SPIN-код: 5314-2514, РИНЦ Author ID: 890174.

<sup>2</sup>РИНЦ SPIN-код: 3455-5021, РИНЦ Author ID: 931760.

✉ <sup>1</sup> yukochunov@mail.ru.

## АННОТАЦИЯ

На воздушных линиях электропередачи напряжением 6–10 кВ, предназначенных для проводов питания устройств сигнализации, централизации и блокировки и линий продольного электроснабжения, в качестве поддерживающих конструкций используются металлические траверсы с фарфоровыми или стеклянными изоляторами. По имеющимся данным, дефекты, вызванные механическими напряжениями, составляют более половины от общего числа нарушений нормальной работы воздушных линий. Из этого числа стоит выделить дефекты, которые являются наиболее частыми: скол изолятора, изгиб штыря, излом штыря, разрушение изолятора, срыв изолятора со штыря, перекос траверсы, разрушение траверсы, изгиб траверсы, загнивание или коррозия траверсы.

С целью повышения надежности воздушных линий и сокращения данных повреждений предлагается изготавливать траверсы из полимерного композитного электроизоляционного материала. Такие траверсы не имеют изо-

ляторов и используются как электромеханическая конструкция, обладающая требуемой механической и электрической прочностью.

Целью данной работы является оценка механической прочности траверс, выполненных из полимерных композитных электроизоляционных материалов. Для реализации поставленных задач в работе рассмотрена трехмерная модель траверсы. Определение ее механической прочности осуществлено с использованием прикладного программного обеспечения, реализующего метод конечных элементов (МКЭ). К траверсе прикладываются нагрузки в горизонтальной и вертикальной плоскостях, определяется наиболее нагруженное напряженно-деформированное состояние стержней траверсы и штыревой накладки.

Кроме того, в статье выполняется сравнение результатов расчета аналитическим методом, выполненного в предыдущей работе, с расчетом МКЭ. Также осуществлена верификация принятых физико-геометрических параметров, свойств материала и допущений в расчетах.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, электроснабжение, траверса, полимерный композитный материал, механическая прочность, стержень, нагрузка, метод конечных элементов.

**Для цитирования:** Кочунов Ю. А., Егоров Д. В. Определение механической прочности композитной траверсы для ВЛ 6–10 кВ методом конечных элементов // Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 17–23. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-2>.

**Полный текст статьи в переводе на английский язык публикуется во второй части данного выпуска.**  
**English translation of the full text of the article is published in the second part of the issue.**



## ВВЕДЕНИЕ

Электроснабжение железных дорог – это сложная, многоэлементная система, которая по критериям надежности является потребителем первой категории. Кроме обслуживания тяги поездов, электропитание получают нетяговые потребители, такие как устройства сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) и линии продольного электроснабжения (ПЭ), питание которых осуществляется по воздушным линиям (ВЛ) электропередачи напряжением 6–10 кВ. В качестве поддерживающих конструкций используются металлические траверсы с фарфоровыми или стеклянными изоляторами. По статистическим данным, дефекты, вызванные механическими напряжениями, составляют 58 % от общего числа отказов ВЛ [1; 2].

Для повышения надежности и с целью сокращения данных повреждений инженерами ООО «НПП «ЭЛЕКТРОМАШ» и сотрудниками кафедры «Электроснабжение транспорта» УрГУПС разработаны изоляционно-поддерживающие конструкции – кронштейны и траверсы, выполненные из полимерного композитного электроизоляционного материала (ПКЭМ) [1–8].

Такие конструкции обладают требуемой механической и электрической прочностью, не имеют изоляторов, тем самым уменьшают вероятность отказов из-за механических повреждений.

Одним из этапов введения нового оборудования является моделирование процессов, прикладываемых к исследуемому объекту. Достоверность результатов исследования необходимо верифицировать путем применения различных методик расчетов и натурных экспериментов.

В [8] представлены результаты расчета механической прочности траверсы из ПКЭМ аналитическим методом, при расчете были учтены коэффициенты запаса прочности, определены наиболее напряженные элементы конструкции приложении действующей силы, получены значения деформации и напряжений.

Данная статья содержит результаты второго этапа исследования по определению механической прочности траверсы из ПКЭМ с использованием прикладного программного обеспечения, реализующего метод конечных элементов (МКЭ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В работе в качестве типопредставителя исследуется траверса ТК-Зш-БОРЭЛ (далее по тексту – траверса) производства ООО «НПП «ЭЛЕКТРОМАШ» (г. Екатеринбург). Основные физико-геометрические параметры траверсы и узлов ее крепления представлены в [8].

Трехмерная геометрическая модель траверсы (рис. 1) моделируется как набор механически контактирующих упруго-деформируемых твердых тел с учетом пластических свойств стеклопластика, а также включает в расчетную схему крепежные элементы.

Траверса (рис. 1) как поддерживающая механическая конструкция рассчитывается по методу трех предельных состояний [1; 8; 9]:

1. Прочность конструкции.
2. Деформация.
3. Устойчивость.

На основе использования аналитических методов расчетов в [8] определено, что наиболее нагруженное напряженно-деформированное состояние (НДС) возникает при воздействии нагрузки на НШ в горизонтальной плоскости. Расчетная схема представлена на рис. 2.

В расчете вводится ряд допущений [9–15]: ХКО смоделирован как два болта с жесткой заделкой в свободных торцах ( $B, F$ ); выбрана модель контакта уголка  $75 \times 75 \times 8$  и опоры, при которой отсутствует трение между поверхностями [11]; ФП имеет ограничения перемещений во всех направлениях в свободных торцах (на рис. 2 отсутствует); опора смоделирована как абсолютно твердое тело с ограничением перемещений во всех направлениях ( $G$ ).

Нагружение траверсы осуществляется в два этапа.

На первом этапе моделируется затяжка болтов. Усилие затяжки определяется по формуле:

$$Q_{\text{зам}} = \sqrt{\left(\frac{4}{\pi \cdot d^2}\right)^2 + 3\left(\frac{0,15}{0,2 \cdot d^2}\right)^2}, \quad (1)$$

где  $d$  – диаметр болта.

Следует отметить, что усилие затяжки болтов, крепящих уголок к опоре ( $E, I$ ), принято из условия прочности уголка  $75 \times 75 \times 8$ .

На втором этапе к НШ прикладывается усилие, равное 3 кН ( $A$ ), в горизонтальном направлении.

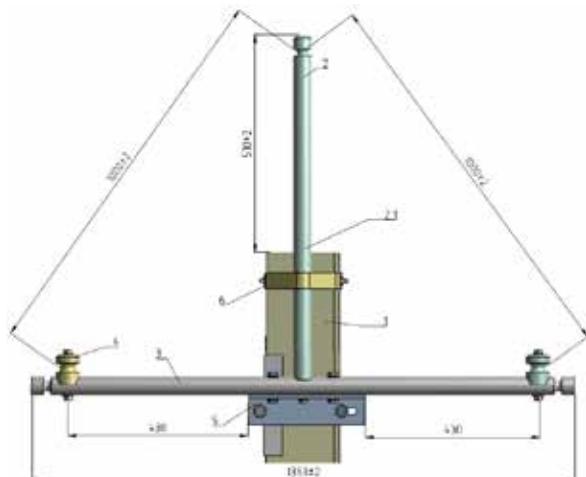


Рис. 1. Трехмерная геометрическая модель траверсы ТК-3ш БОРЭЛ [выполнено авторами]:  
1 – опора СВ-110-5; 2 – вертикальная балка траверсы (ВБТ); 2.1 – ограничительный паз; 3 – горизонтальная балка траверсы (ГБТ);  
4 – накладка штыревая (НШ); 5 – хомут крепления на опоре (ХКО); 6 – фиксирующая пластина (ФП).

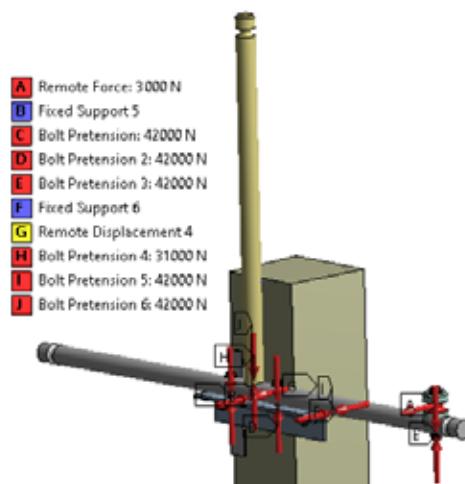


Рис. 2. Расчетная схема при воздействии нагрузки на НШ в горизонтальной плоскости [выполнено авторами]: А – (усиление) нагрузка, прикладываемая в горизонтальном направлении к накладке штыревой в зоне крепления провода; В, F – (жесткая заделка) свободные торцы болтов ХКО; С, D, E, H, I, J – (осевое усилие затяжки) болтовые соединения; Г – (ограничение перемещений во всех направлениях) обратная сторона опоры.

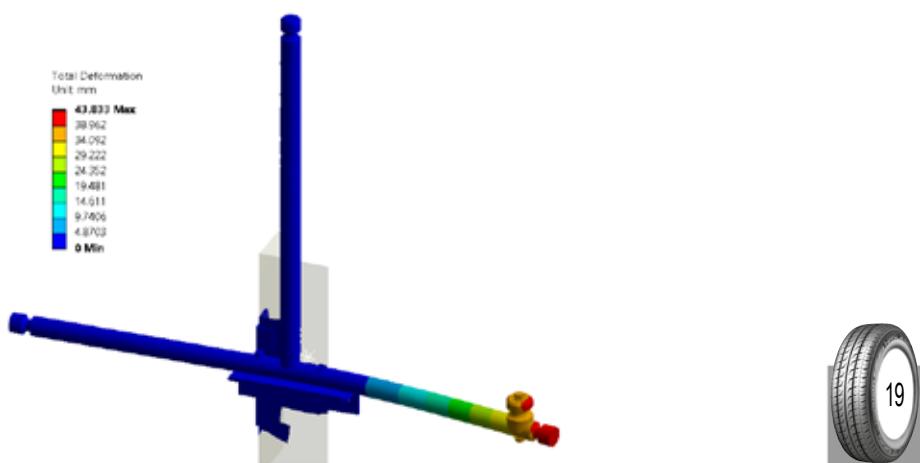
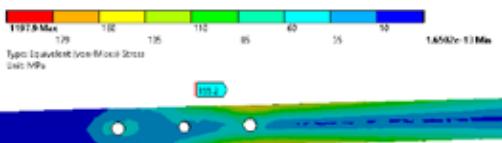
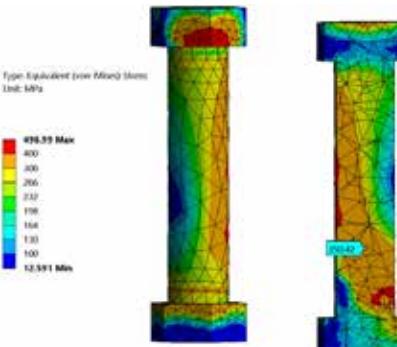
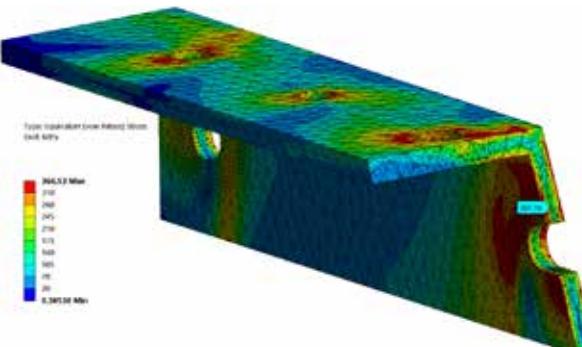
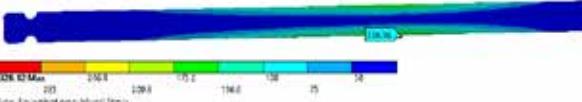
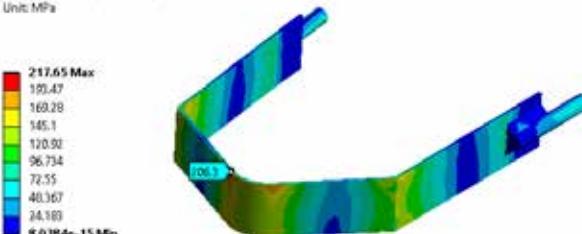


Рис. 3. Общий деформированный вид [выполнено авторами].



Таблица 1

## Результаты расчета композитной траверсы МКЭ

Наименование отдельного элемента траверсы	Распределение эквивалентных напряжений по Мизесу	Максимальные эквивалентные напряжения, МПа	Запас прочности $\eta$
ГБТ (продольный разрез)	 <p>Type: Equivalent (von-Mises) Stress Unit: MPa</p>	155,2*	4,4
Болты, используемые для крепления ГБТ с металлическим уголком 75×75×8 (разрез ближнего к приложенной нагрузке болта)	 <p>Type: Equivalent (von-Mises) Stress Unit: MPa</p>	350,42	1,4
Уголок 75×75×8 (разрез ближнего к приложенной нагрузке отверстия)	 <p>Type: Equivalent (von-Mises) Stress Unit: MPa</p>	301,76	2,1
ГБТ (продольный разрез)**	 <p>Type: Equivalent (von-Mises) Stress Unit: MPa</p>	276,16	4,5
ФП**	 <p>Type: Equivalent (von-Mises) Stress Unit: MPa</p>	206,3	2,1

\*Максимальные напряжения в ГБТ равные 1197,9 МПа обусловлены краевым эффектом, возникающим после затяжки болтов.

\*\*Для расчетной схемы № 4 [8].

Таблица 2

## Сравнительные данные, полученные аналитическим методом расчета и МКЭ

Расчетная схема № 1				
Метод	Оцениваемые величины			
	Деформация ГБТ, мм	Напряжение ГБТ, МПа	Напряжение уголка, МПа	Напряжения болтов, МПа
Аналитический	34,4	130,2	221,4	105,3
МКЭ	39,6	147,1	209,8	99,2
Погрешность, %	13,1	11,5	5,5	6,1
Расчетная схема № 2				
Метод	Оцениваемые величины			
	Деформация ГБТ, мм	Напряжение ГБТ, МПа	Напряжение уголка, МПа	Напряжения болтов, МПа
Аналитический	35,1	133,3	258,3	266,7
МКЭ	39,9	150,8	247,9	254,5
Погрешность, %	12	11,6	4,2	4,7
Расчетная схема № 3				
Метод	Оцениваемые величины			
	Деформация ГБТ, мм	Напряжение ГБТ, МПа	Напряжение уголка, МПа	Напряжения болтов, МПа
Аналитический	38,2	135,6	308,2	363,6
МКЭ	43,8	155,2	301,76	350,42
Относительная погрешность, %	12,7	12,6	2,1	3,8
Расчетная схема № 4				
Метод	Оцениваемые величины			
	Деформация ВБТ, мм	Напряжение ВБТ, МПа	Напряжения ФП, МПа	
Аналитический	35,6	285,7	221,4	
МКЭ	39,5	276,16	206,3	
Погрешность, %	9,9	3,5	7,3	

Общее деформированное состояние для траверсы под опору СВ-110-5 (варианта конструкции уголка № 1 рис. 3 [8]) приведено на рис. 3.

Распределение эквивалентных напряжений по Мизесу, МПа, всех элементов траверсы приведено на рис. 4.

Распределение эквивалентных напряжений в отдельных элементах траверсы по Мизесу, в МПа, приведены в табл. 1.

Определение соответствия основных конструктивных элементов условиям прочности производится по методу допускаемых напряжений:

$$[\sigma_{\text{доп}}] \geq [\sigma_{\text{экв}}], \quad (2)$$

где  $[\sigma_{\text{экв}}]$  – максимальные эквивалентные напряжения, возникающие в отдельных конструктивных элементах траверсы.

Запас прочности соответствует требованиям ГОСТ. Для всех остальных деталей конструкции запас прочности  $\eta \geq 5$ .

Следующим этапом определяется устойчивость конструкции. Расчетная схема при воздействии вертикальной осевой сжимающей силы 3 кН ( $E$ ) представлена на рис. 5.

Запас устойчивости  $\eta_{\text{уст}}$  определяется по формуле:

$$\eta_{\text{уст}} = LM \cdot k, \quad (3)$$

где  $LM$  – запас устойчивости по программному расчету;

$k$  – коэффициент, учитывающий несовершенство геометрических форм для сжатых стержней переменного сечения,  $k = 0,8$ .

Первая форма потери устойчивости представлена на рис. 6.

Минимальный запас устойчивости по программному расчету  $LM = 8,2$ .  $\eta_{\text{уст}} = 8,2 \cdot 0,8 = 6,56$ . Запас устойчивости конструкции обеспечивает механическую прочность и соответствует требованиям [8; 9].

После проведенных расчетов производится сравнение полученных результатов с результатами расчета аналитическим методом [8]. Сравнительные данные представлены в табл. 2.

Несмотря на незначительные отступления от классической методики расчета на прочность композитной траверсы сравнительный анализ показал, что оцениваемые величины и сходимость полученных



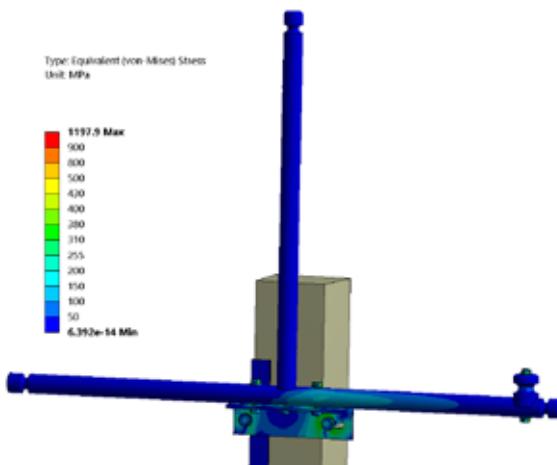


Рис. 4. Распределение эквивалентных напряжений по Мизесу, МПа, всех элементов траверсы [выполнено авторами].

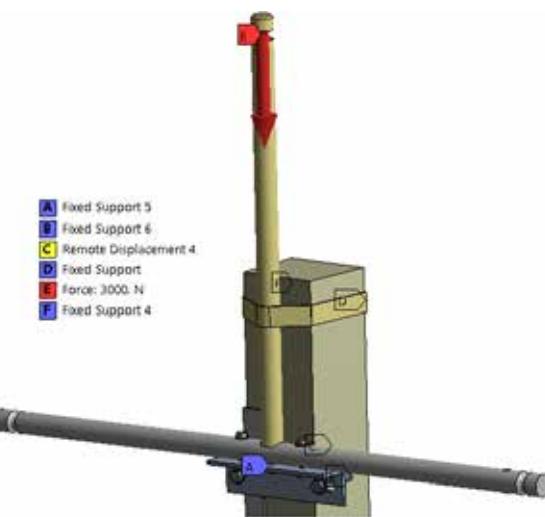


Рис. 5. Расчетная схема при воздействии сжимающего усилия на ВБТ в вертикальной плоскости [выполнено авторами]: А, В – (жесткая заделка) свободные торцы болтов ХКО; D, F – (жесткая заделка) свободные торцы ФП; С – (ограничение перемещений во всех направлениях) обратная сторона опоры; Е – (усиление) нагрузка прикладываемая в вертикальном направлении к ВБТ в зоне крепления провода.

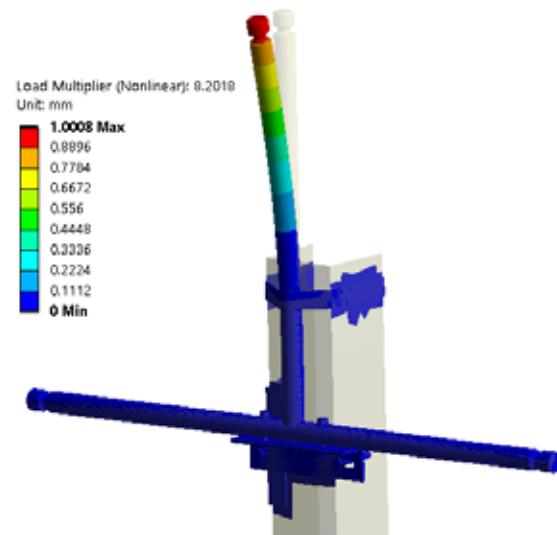


Рис. 6. Форма потери устойчивости траверсы [выполнено авторами].

расчетов не противоречат методикам, указанных в<sup>1, 2, 3</sup>.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе определена механическая прочность композитной траверсы ТК-3-ш БО-РЭЛ, выполненная методом конечных элементов. По результатам расчета траверса удовлетворяет требованиям механической прочности.

Сравнение аналитического метода расчета [8] и расчета МЭК показало, что погрешность расчета составляет не более 15 %, что подтверждает приемлемость принятых характеристик материалов и допущений в расчетах.

Данные методики могут использоваться при конструировании траверс, выполненных из полимерных композитных материалов. Материалы данной работы могут быть использованы в инженерных расчетах, а также в образовательном процессе при обучении студентов по специальностям и направлениям подготовки: 13.02.07 «Электроснабжение (по отраслям)», 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»; 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»; 23.05.05 «Системы обеспечения движения поездов».

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кочунов Ю. А. Разработка и исследования полимерных кронштейнов воздушной линии электропередачи в сетях низтавовых железнодорожных потребителей 6–10 кВ / Дисс... канд. техн. наук. – Екатеринбург: УрГУПС, 2017. – 235 с.

1 ГОСТ 27380-87 Стеклопластики профильные электроизоляционные. Общие технические условия. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1987. – 31 с. [Электронный ресурс]: <https://docs.ctnd.ru/document/1200011761>. Доступ 28.11.2023.

2 ГОСТ 33742-2016 Композиты полимерные. Классификация. – М.: Стандартинформ, 2019. – 10 с. [Электронный ресурс]: <https://docs.ctnd.ru/document/1200135539>. Доступ 28.11.2023.

3 Бондалетова Л. И., Бондалетов В. Г. Полимерные композиционные материалы (часть 1): Учеб. пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118 с.

2. Лукьянов А. М., Чепелев Ю. Г., Бардин А. Н. Разрабатываем полимерные консоли // Мир транспорта. – 2016. – Т. 14. – № 3 (64). – С. 60–71. EDN: XXJQHV.

3. Попов С. Н., Федоров Ю. Ю., Васильев С. В. Составные композитные траверсы для опор высоковольтных линий электропередачи // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2016. – № 3. – С. 9–11. EDN: WBGJAL. DOI: 10.18635/2071-2219-2016-3-9-11.

4. Федотов А. А., Колесников С. А., Хорошевский Р. А. Деревянные кронштейны заменят полимерными // Локомотив. – 2013. – № 3 (675). – С. 43.

5. Федоров Ю. Ю., Попов С. Н., Унжаков А. С. Стеклопластиковые мобильные опоры для линий электропередачи с напряжением до 10 кВ // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2023. – № 2. – С. 5–10. EDN: WUZARS.

6. Васильев С. В., Федоров Ю. Ю. Разработка композитной траверсы анкерной концевой опоры линии электропередачи 6–10 кВ // Евразийское научное объединение. – 2019. – № 5–2 (51). – С. 108–110. EDN: WNNXVK.

7. Федоров Ю. Ю., Бабенко Ф. И. Влияние низких температур на поведение предварительно деформированного стеклопластика // Пластические массы. – 2018. – № 1–2. – С. 9–11. EDN: YQUDNT.

8. Кочунов Ю. А., Колмаков Д. А., Егоров Д. В. Анализическое определение механической прочности композитной траверсы для ВЛ 6–10 кВ // Наука и образование транспорта. – 2022. – № 2. – С. 29–34. EDN: XKWEEF.

9. Лукьянов А. М. Разработка полимерных изолирующих конструкций, обеспечивающих повышение промышленной безопасности контактных электрических сетей / Дисс... докт. техн. наук. – М.: МГУПС, 1998. – 225 с.

10. Руцкий В. М. Совершенствование методов проектирования и эксплуатации изоляции наружных электроподстанций систем электроснабжения железных дорог / Дисс... докт. техн. наук. – Екатеринбург: УрГУПС, 2004. – 373 с.

11. Лизин В. Т., Пяткин В. А. Проектирование тонкостенных конструкций – М.: Машиностроение, 1976. – 408 с.

12. Турбин Н. В., Трифонов Р. Д., Ковтунов С. С. Моделирование смятия композиционного материала методами вычислительной микромеханики // II Международная конференция «Композитные материалы и конструкции». 16 ноября 2021 года. Москва. Тезисы. – М.: Изд-во «Перо», 2021. – С. 88–89. EDN: FJNDYO.

13. Пелевин А. Г., Шадрин В. В. Особенности использования модели вязкоупругого материала в программном комплексе ANSYS // Вестник Пермского университета Математика. Механика. Информатика. – 2021. – № 3 (54). – С. 52–57. DOI: <https://doi.org/10.17072/1993-0550-2021-3-52-57>.

14. Крылов К. А., Мурзаханов Г. Х., Щугорев В. Н. Экспериментальное исследование разрушения композитов при динамическом нагружении // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2007. – № 10. – Ст. 1. EDN: IBZWYI.

15. Каблов Е. Н. Композиты: сегодня и завтра // Металлы Евразии. – 2015. – № 1. – С. 36–39. EDN: UBDOPV.

### Информация об авторах:

**Кочунов Юрий Александрович** – кандидат технических наук, инженер-конструктор ООО «НПП «ЭЛЕКТРОМАШ», Екатеринбург, Россия [yukochunov@mail.ru](mailto:yukochunov@mail.ru).

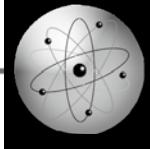
**Егоров Дмитрий Викторович** – аспирант Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Россия, [dmitriyegorovperm@mail.ru](mailto:dmitriyegorovperm@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 20.07.2023, одобрена после рецензирования 22.11.2023, принята к публикации 27.11.2023.

• Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 17–23

Кочунов Ю. А., Егоров Д. В. Определение механической прочности композитной траверсы для ВЛ 6–10 кВ методом конечных элементов





# Использование электрических накопителей для повышения тяговых свойств автономных локомотивов



Григорий КУЗНЕЦОВ



Елена ЛОГИНОВА



Константин КУДЕЛИН

Григорий Юрьевич Кузнецов <sup>1</sup>, Елена Юрьевна Логинова <sup>2</sup>, Константин Витальевич Куделин <sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Российский университет транспорта, Москва, Россия.

<sup>3</sup>ОАО «РЖД», Москва, Россия.

<sup>3</sup>ORCID 0000-0002-3321-1176; РИНЦ SPIN-код: 8033-3805.

<sup>3</sup>konstantin-97@mail.ru.

## АННОТАЦИЯ

На основании анализа зарубежного опыта разработки автономных локомотивов с гибридной энергетической установкой обоснована возможность повышения эффективности работы тепловозов за счет использования электрических накопителей энергии.

Предложена принципиальная схема энергетической системы тепловоза, источником энергии в которой наряду с дизелем является тяговая аккумуляторная батарея с импульсным прерывателем постоянного напряжения. Разработан алгоритм управления тяговым приводом тепловоза с гибридной энергетической установкой, обеспечивающий повышение тяговой силы локомотива на тяжелых участках профиля. Модернизация энергетической системы тепловоза путем применения гибридной энергетической установки рассмотрена применительно к тепловозу 2ТЭ116. С использованием уравнений энергетического баланса тяго-

вого электродвигателя разработана математическая модель работы тягового привода тепловоза с питанием от гибридного источника энергии через управляемый прерыватель напряжения. Методами численного моделирования в программных средах MatLab и LabView выполнен расчет тяговой характеристики тепловоза 2ТЭ116 со штатной энергетической установкой и гибридной энергетической установкой. Показано, что во всем диапазоне рабочих скоростей движения тепловоз с гибридной энергетической установкой позволяет получить силу тяги на 15 % выше, чем тепловоз со штатной энергетической системой. Расчеты обосновали, что повышение тяговых свойств модернизированного тепловоза 2ТЭ116 дает возможность на 15 % повысить расчетный вес состава, а соответственно и эффективность использования локомотива как тяговой единицы на сети железных дорог.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, электрические накопители энергии, гибридная энергетическая установка, повышение эксплуатационных характеристик магистрального тепловоза.

**Для цитирования:** Кузнецов Г. Ю., Логинова Е. Ю., Куделин К. В. Использование электрических накопителей для повышения тяговых свойств автономных локомотивов // Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 24–29. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-3>.

**Полный текст статьи в переводе на английский язык публикуется во второй части данного выпуска.**  
**English translation of the full text of the article is published in the second part of the issue.**

## ВВЕДЕНИЕ

В условиях роста объемов перевозок железнодорожным транспортом формируются потребности в максимальном использовании провозной способности подвижного состава. Это в полной мере относится к развитию железнодорожного транспорта в России и ОАО «РЖД»<sup>1</sup> [1; 2].

В рамках технического развития конструкторскими отделами и инженерными центрами постоянно поднимаются вопросы по изготовлению современных, более мощных локомотивов, которые реализуют более высокие тяговые усилия и способны перевозить большее количество грузов.

Одним из способов повышения тяговой эффективности локомотивов является улучшение их конструкции посредством модернизации, которая заключается в применении более современных технических устройств.

В настоящее время получает распространение тяговый подвижной состав с гибридными источниками энергии. В Германии эксплуатируются гибридный маневровый локомотив Prima H3 производства компании Alstom с литиевыми тяговыми аккумуляторами, массой 67 тонн, силой тяги при трогании 225 кН, мощностью 700 кВт [3]. В России машиностроительным холдингом АО «Трансмашхолдинг» был спроектирован и представлен на Международном железнодорожном салоне пространства 1520 «PRO//Движение. Экспо» гибридный автономный маневровый локомотив с мощностью тяговых накопителей энергии в 240 кВт<sup>2</sup>. В Швейцарии в настоящее время ведутся работы по производству

<sup>1</sup> Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 год. [Электронный ресурс]: <https://mintrans.gov.ru/file/473193>. Доступ 17.09.2023.

<sup>2</sup> Маневровый гибридный тепловоз ТЭМ5Х. [Электронный ресурс]: <https://sitmag.ru/article/25569> manevroviy gibridniy teplovoz tem5h gibridniy-avtonomniy-lokomotiv-obrel-plot. Доступ 02.10.2023.

двуухрежимного локомотива новой серии 93 с использованием литий-титанат-оксидных аккумуляторов, с питанием от контактной сети переменного тока 25 кВ частотой 50 Гц, с мощностью самого локомотива 1300 кВт [4].

Целью исследования является применение накопителей энергии на автономном подвижном составе путем внесения изменений в штатную конструкцию классического тепловоза 2ТЭ116 с передачей переменно-постоянного тока.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследуемый тепловоз 2ТЭ116 представляет собой локомотив, который в качестве первичного источника энергии использует дизельный двигатель внутреннего сгорания (Д). Его функциональная электромеханическая схема представлена на рис. 1. Дизельный двигатель применяется на локомотивах по причине высокой надежности и более высокой развивающейся мощности [5]. Двигатель преобразует химическую энергию топлива в механическую энергию вращения коленчатого вала. Механическая энергия преобразуется в электрическую посредством вращения ротора (Р) синхронного генератора (ТСГ), который преобразует механическую энергию вращения в электрическую энергию переменного тока. Посредством использования выпрямительной установки (ВП) переменный ток преобразуется в постоянный [6] и подается на тяговые электродвигатели локомотива (ТЭД). Тяговые электродвигатели локомотива представляют собой электрическую машину, которая преобразует электрическую энергию в механическую энергию вращения. В целях реализации большой величины вращающего момента для трогания с места локомотива применяется тяговый зубчатый редуктор (ЗР), который увеличивает момент, но уменьшает частоту вращения. В дальнейшем вращение с большой величиной момента передается на колесную пару локомотива и приводят ее в движение.

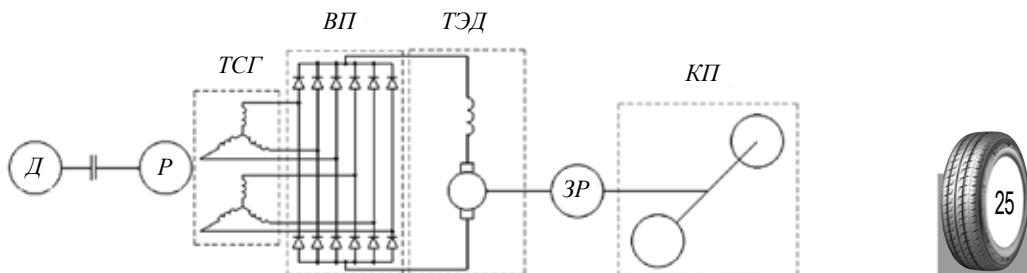


Рис. 1. Функциональная электромеханическая схема традиционного тепловоза 2ТЭ116 [выполнена авторами].

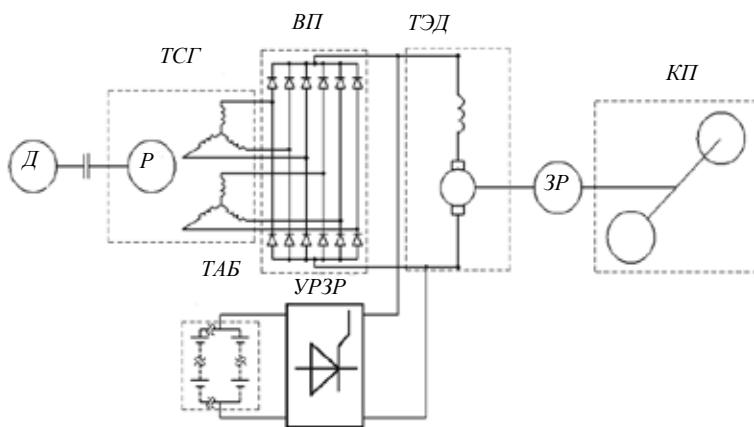


Рис. 2. Функциональная электромеханическая схема гибридного тепловоза 2ТЭ116 [выполнена авторами].

Функциональная электромеханическая схема гибридного тепловоза 2ТЭ116 представлена на рис. 2.

Изменение конструкции локомотива для превращения его в гибридный заключается в установке дополнительного накопителя энергии, частным случаем которого является тяговая аккумуляторная батарея (ТАБ). В конструкции локомотива ТАБ служит для реализации электродинамического рекуперативного торможения, а также для придания дополнительной мощности локомотиву на тяжелых участках пути для прохождения расчетных подъемов. Также тяговая аккумуляторная батарея может заменить собой штатную тяговую аккумуляторную батарею и обеспечивать запуск дизельного двигателя внутреннего сгорания, питание бортовой сети и питание вспомогательных нужд локомотива. Для регулирования зарядно-разрядных токов тяговой аккумуляторной батареи необходима установка устройства регулирования заряда-разряда (УРЗР), которое представляет собой двухсторонний импульсный прерыватель постоянного напряжения. Таким образом, данное устройство будет контролировать максимально допустимые для тяговой аккумуляторной батареи зарядно-разрядные токи.

Функциональное применение тяговой электрической батареи заключается в реализации ее на тяжелых участках пути посредством параллельного ее подключения с тяговым синхронным генератором к тяговым электродвигателям.

Сила тяги локомотива с электрической передачей зависит от механического момента на тяговом электродвигателе, радиуса колес

колесной пары локомотива и передаточного отношения тягового зубчатого редуктора,  $N$ :

$$F_k = \frac{n_{oc} \cdot M_k \cdot i}{R_k}, \quad (1)$$

где  $n_{oc}$  – количество моторных осей локомотива, шт;

$M_k$  – момент, создаваемый тяговым электродвигателем, Нм;

$i$  – передаточное число тягового зубчатого редуктора;

$R_k$  – радиус колесной пары локомотива, м.

Количество осей, радиус колесных пар локомотива и передаточное число тягового зубчатого редуктора являются конструктивными параметрами локомотива, которые не могут изменяться в процессе его работы. Таким образом, значение силы тяги локомотива можно увеличить посредством увеличения момента на тяговых электродвигателях.

Известно<sup>3</sup>, что момент электрического двигателя постоянного тока последовательного возбуждения определяется зависимостью, Нм:

$$M_k = c_m \cdot I_y \cdot \Phi_b = c_m \cdot I_y \cdot I_b = c_m \cdot I_y^2, \quad (2)$$

где  $c_m$  – конструктивная постоянная электродвигателя;

$I_y$  – ток, протекающий по обмотке якоря, А;

$I_b$  – ток, протекающий по обмотке возбуждения, А;

$\Phi_b$  – магнитный поток обмотки возбуждения, Вб.

<sup>3</sup> Проскуряков В. С., Соболев С. В. Расчет электрических машин: Учеб. пособие. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск. Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 112 с. [Электронный ресурс]: [https://portal.tpu.ru/SHARED/v/VOV/uchebnaya\\_rabota/Tab1/Tab1/UP1.pdf](https://portal.tpu.ru/SHARED/v/VOV/uchebnaya_rabota/Tab1/Tab1/UP1.pdf). Доступ 02.10.2023.

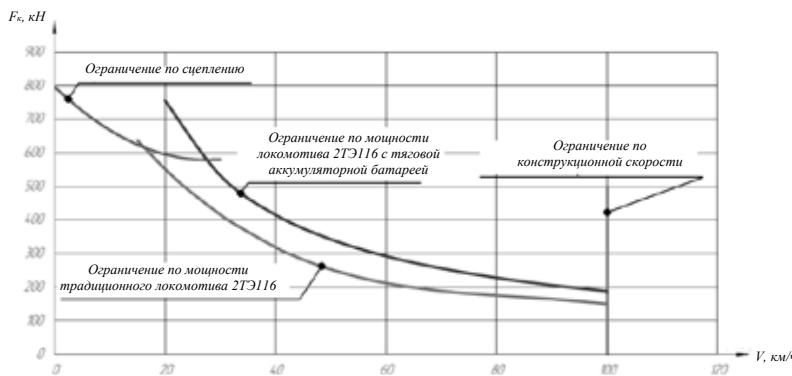


Рис. 3. Сравнение тяговых характеристик традиционного и гибридного тепловозов 2ТЭ116 [выполнено авторами].

Таким образом можно сделать вывод о том, что момент тягового электродвигателя прямо пропорционален квадрату значения тока обмотки якоря тягового электродвигателя.

Современные тяговые аккумуляторные батареи, такие как батарея LT-LFP770P производства ООО «Лиотех», допускают номинальный разряд, равный значению номинальной емкости аккумуляторной батареи  $c_s$ , равный 770 А·ч<sup>4</sup>.

Применимально к тепловозу 2ТЭ116 возможно последовательно установить  $n$ -ное количество ячеек тяговой аккумуляторной батареи с номинальной емкостью 770 А·ч, которые будут работать на шести параллельно включенных тяговых электродвигателях тепловоза. Таким образом, максимальное допускаемое значение силы тока от тяговой аккумуляторной батареи на каждом электродвигателе будет составлять, А:

$$I_{\text{ТАБ}}^{\text{ТАБ}} = \frac{I_{\text{ТАБ}}}{n_{\text{ТЭД}}} = \frac{770}{6} = 128,3 \text{ А}, \quad (3)$$

где  $I_{\text{ТАБ}}$  – значение разрядного тока тяговой аккумуляторной батареи, А;

$n_{\text{ТЭД}}$  – количество тяговых электродвигателей на секции локомотива, шт.

Сила тока на каждом тяговом электродвигателе рассчитывается, исходя из характеристики тягового синхронного генератора, которая может быть получена из Правил тяговых расчетов для поездной работы (ПТР)<sup>5</sup>.

<sup>4</sup> Руководство по эксплуатации аккумуляторов литий-ионных серий LFP-Р с номинальной емкостью 200 А·ч, 240 А·ч, 300 А·ч, 380 А·ч, 700 А·ч, 770 А·ч LT.38294932.3482.003–2016РЭ, 2016. – 25 л.

<sup>5</sup> Гребенюк П. Т., Долганов А. Н., Некрасов О. А., Лисицын А. Л., Стромский П. П., Боровиков А. П., Чукова Т. С. Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М.: Транспорт. – 1985. – 287 с. [Электронный ресурс]: <https://djvu.online/file/syjaetzWQPjhN>. Доступ 02.10.2023.

Соответственно, сила тока от тягового синхронного генератора будет определяться как, А:

$$I_{\text{ТЭД}}^{\text{TCГ}} = \frac{I_{\text{TCГ}}}{n_{\text{ТЭД}}}, \quad (4)$$

где  $I_{\text{TCГ}}$  – значение тока тягового синхронного генератора, А.

Таким образом, итоговое значение на тяговом электродвигателе локомотива определяется зависимостью, А:

$$I_{\text{ТЭД}} = I_{\text{ТЭД}}^{\text{TCГ}} + I_{\text{ТЭД}}^{\text{ТАБ}}. \quad (5)$$

Используя уравнения (1–5), зная конструктивные параметры тепловоза 2ТЭ116, тягового синхронного генератора ГС-501А и тягового электродвигателя ЭД-118А, возможно рассчитать тяговую характеристику тепловоза 2ТЭ116 с тяговой аккумуляторной батареей.

Сравнение тяговых характеристик традиционного и гибридного тепловозов 2ТЭ116 представлено на рис. 3. Ограничение по сцеплению тепловоза невозможно повысить увеличением момента тяговых электродвигателей, поскольку это приведет к боксированию колесных пар и не принесет полезной работы [7]. Ограничение по конструктивной скорости определяется, исходя из условий допустимого воздействия локомотива на путь, ходовых свойств локомотива, возможности схода его с рельсов и прочности его составных деталей и узлов. Из соображений требований к безопасности движения данное ограничение не может быть изменено. Из проведенных расчетов видно, что применение тяговой аккумуляторной батареи позволяет повысить значение силы тяги тепловоза на 25–35 % на продолжительных режимах работы.

Из Правил тяговых расчетов<sup>5</sup> следует, что выбор расчетной массы состава поезда про-



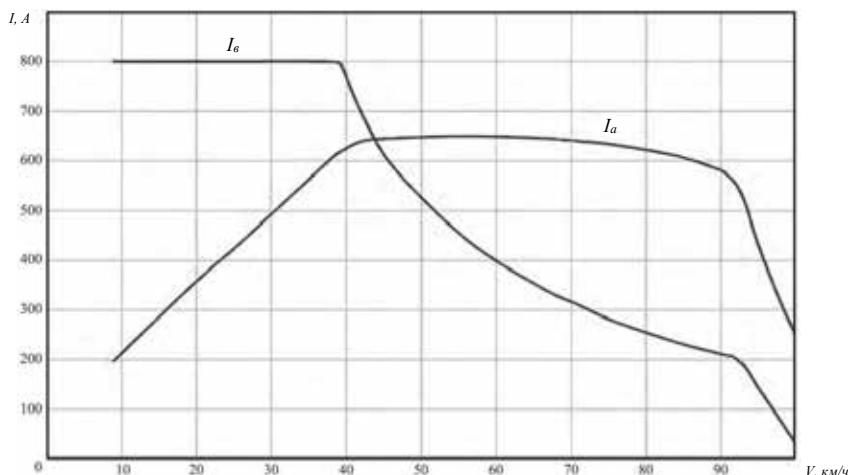


Рис. 4. Зависимости тока якоря и тока возбуждения тягового электродвигателя ЭД-118А тепловоза 2ТЭ116 [выполнено авторами].

изводится на основании следующей зависимости, т:

$$Q = \frac{F_{kp} - (w_0 + i_p) \cdot P}{w_0 + i_p}, \quad (6)$$

где  $F_{kp}$  – значение силы тяги локомотива при расчетной скорости, Н;

$w_0$  – сопротивление движению локомотива в режиме тяги, Н;

$w_o$  – сопротивление движению состава поезда (вагонов) в режиме тяги, Н;

$P$  – сцепная масса локомотива, т;

$i_p$  – расчетный подъем, %.

Из зависимости (6) видно, что основным положительно влияющим на перевозимую массу состава поезда фактором является расчетная сила тяги локомотива. В соответствии с ПТР расчетная сила тяги локомотива 2ТЭ116 при расчетной скорости  $v_p = 24,2$  км/ч составляет 50 600 кгс (496 кН). Воспользовавшись зависимостью силы тяги от скорости движения гибридного тепловоза 2ТЭ116, увидим, что расчетная скорость теперь соблюдается на ограничении по сцеплению. Таким образом, расчетное значение силы тяги на ограничении по сцеплению составляет 58 200 кгс (571 кН). На основании данного расчета можно сделать вывод о том, что фактическая перевозимая масса состава поезда при применении тяговой аккумуляторной батареи на тепловозе может быть увеличена примерно на 15 %.

Одним из преимуществ применения тяговой аккумуляторной батареи является возможность рекуперации электрической энергии в накопитель энергии. В настоящее время на тепловозах реализована возможность электродинамического, реостатного торможе-

ния, которое подразумевает преобразование полученной электрической энергии при торможении в тепло.

Токи рекуперации могут быть предварительно оценены, исходя из действующей зависимости тока якоря тягового электродвигателя ЭД-118А тепловоза 2ТЭ116, которая представлена на рис. 4.

Из графика видно, что пиковое значение токов якоря наблюдается при скоростях движения в 40–80 км/ч и составляет 650 А. Таким образом, тяговая аккумуляторная батарея должна быть рассчитана на получение пиковых токов от шести тяговых электродвигателей в размере 3900 А. Однако руководством по эксплуатации величина зарядного тока ограничена в 2310 А. В данном случае может быть реализовано техническое решение по частичному переводу трех тяговых электродвигателей первой тележки в режим рекуперативного торможения, а оставшихся трех электродвигателей второй тележки – в режим реостатного торможения с подключением к тормозному резистору. В любом случае эффективность рекуперационного торможения с передачей энергии в тяговый накопитель энергии будет определяться действующим профилем пути и количеством включений режима реостатного торможения для остановки состава поезда либо поддержания определенной скорости движения.

## ВЫВОДЫ

Анализ возможности применения тяговой аккумуляторной батареи на маги-

стральных локомотивах показал, что применение тяговой аккумуляторной батареи позволит:

1) увеличить касательную силу тяги на локомотиве за счет увеличения момента на тяговых электродвигателях, что позволит увеличить возможный перевозимый вес состава поезда примерно на 15 %;

2) реализовать рекуперацию электрической энергии на автономном подвижном составе, что повысит энергетическую эффективность и в конечном счете увеличит объем перевозимых грузов.

Предложена принципиальная схема и математическая модель электропривода тепловоза с гибридной энергетической установкой, состоящей из дизеля и тяговых аккумуляторов.

Таким образом, численные исследования тепловоза с гибридной энергетической установкой показали, что его эффективность как тяговой единицы возрастает на 15 %.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Soluyanov, Y. I., Fedotov, A. I., Akhmetshin, A. R. Application of intelligent electricity metering systems for timely adjustment of standard values for electrical loads calculation. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> 2021 International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering, REEPE 2021: 3, Moscow. Moscow, 2021, 9388018. DOI: 10.1109/REEPE51337.2021.9388018.
2. Еременко М. Н., Доможирова А. Д., Упрыг Р. Ю. Организация планирования диспетчерской работы на участках с подталкивающим движением // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 1 (69). – С. 164–169. EDN: JBGLHJ.
3. Альтернативные технологии тяги для маневровых локомотивов // Железные дороги мира. [Электронный ресурс]: <https://zdmira.com/articles/alternativnye-tehnologii-tyagi-dlya-manevrovyykh-lokomotivov>. Доступ 02.10.2023.
4. Гибридный локомотив компании Stadler для Великобритании // Железные дороги мира. [Электронный ресурс]: <https://zdmira.com/news/gibridnyj-lokomotiv-kompanii-stadler-dlya-velikobritaniii-prokhodit-ispytaniya>. Доступ 02.10.2023.
5. Mohr, M., Peters, J. F., Baumann, M., Weil, M. Toward a cell-chemistry specific life cycle assessment of lithium-ion battery recycling processes. Journal of Industrial Ecology, 2020, pp. 1310–1322. DOI: 10.1111/jiec.13021.
6. Hamzi, I., El Bakkali, M., Aghoutane, M., Touhami, N. A. Conversion Efficiency Study of the Bridge Rectifier at 2.4GHz. Procedia Manufacturing, 2020, Vol. 46, pp. 771–776. DOI: 10.1016/j.promfg.2020.04.003.
7. Грищенко А. В., Грачев В. В., Базилевский Ф. Ю., Курилкин Д. Н. Оценка влияния процессов боксования колесных пар тепловозов на их энергетическую эффективность в эксплуатации // БРНИ. – 2014. – № 4 (13). – С. 51–60. EDN: TMAMRT.
8. Буйносов А. П., Дурандин М. Г., Тутынин О. И. Перспективы использования накопителей электрической энергии на моторвагонном подвижном составе // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 4 (48). – С. 35–45. EDN: TWNLKL. DOI: 10.20291/2079-0392-2020-4-35-45.
9. Голиков И. Ю. Анализ и разработка системы электроснабжения объектов магистрального трубопровода с использованием ВИЭ и гибридным накопителем электрической энергии // Современные проблемы развития Европейского Севера: Материалы Всероссийской научно-практ. конференции, Ухта, 25–27 мая 2022 года. – Ухта: Ухтинский государственный технический университет, 2022. – С. 8–11. EDN: PKOTAR.
10. Никитин В. В., Середа Е. Г., Трифонов Б. А. Принципы использования сверхпроводникового индуктивного накопителя энергии для повышения экономичности силовой установки автономного транспортного средства с электрической передачей // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2010. – № 1–2. – С. 62–70. EDN: LPCNRL.
11. Титова Т. С., Евстафьев А. М., Никитин В. В. Применение накопителей энергии для повышения энергетической эффективности тягового подвижного состава // Электротехника. – 2018. – № 10. – С. 21–25. EDN: VAKSSW.
12. Валинский О. С., Евстафьев А. М., Никитин В. В., Теличенко С. А. Структурные и схемные решения для транспортных гибридных силовых электроэнергетических установок // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2019. – № 5. – С. 7–10. EDN: NRQWPA.
13. Вальцев Н. В., Барбин Н. М. Сравнительный анализ применения электрохимических аккумуляторов разных типов в качестве накопителей энергии // Электротехника. – 2023. – № 6. – С. 53–62. EDN: XQNLPI. DOI: 10.53891/00135860\_2023\_5\_53.
14. Буйносов А. П., Дурандин М. Г., Тутынин О. И. Анализ применения гибридного источника питания в системе тягового электропривода электропоезда // Вестник транспорта Поволжья. – 2023. – № 3 (99). – С. 12–18. EDN: GNAHK.
15. Павелчик М. Повышение эффективности электрической тяги при помощи накопителей энергии / Дисс... докт. техн. наук. – М.: МИИТ, 2000. – 451 с. EDN: ZKVKOT.
16. Штанг А. А. Повышение эффективности электротранспортных систем на основе использования накопителей энергии / Дисс... канд. техн. наук. – Новосибирск: НГТУ, 2006. – 233 с. EDN: NOCHWV.
17. Титова Т. С., Евстафьев А. М., Изварин М. Ю., Сычугов А. Н. Перспективы развития тягового подвижного состава // Транспорт Российской Федерации. – 2018. – № 6 (79). – С. 40–44. EDN: YSWXNR.

### Информация об авторах:

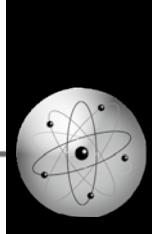
**Кузнецов Григорий Юрьевич** – аспирант кафедры электропоездов и локомотивов Российского университета транспорта, Москва, Россия, [kuznetsov\\_gy@mail.ru](mailto:kuznetsov_gy@mail.ru).

**Логинова Елена Юрьевна** – доктор технических наук, профессор кафедры электропоездов и локомотивов Российского университета транспорта, Москва, Россия, [ejy-loginova@mail.ru](mailto:ejy-loginova@mail.ru).

**Куделин Константин Витальевич** – аспирант кафедры электропоездов и локомотивов Российского университета транспорта, Москва, Россия; машинист, ОАО «РЖД», Москва, Россия, [konstantin-97@mail.ru](mailto:konstantin-97@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 04.05.2023, актуализирована 18.12.2023, одобрена после рецензирования 26.12.2023, принята к публикации 28.12.2023.





# Уточненные подходы к критериям оценки динамики в контакте «колесо–рельс»



Петр ЕГОРОВ



Роман КОБЛОВ



Ярослав НОВАЧУК

Петр Егорович Егоров<sup>1</sup>, Роман Викторович Коблов<sup>2</sup>, Ярослав Антонович Новачук<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Дальневосточный государственный университет путей сообщения (ДВГУПС), Хабаровск, Россия.  
✉ [rotashka.one2007@rambler.ru](mailto:rotashka.one2007@rambler.ru).

## АННОТАЦИЯ

Согласно Транспортной стратегии Российской Федерации запланированы беспрецедентные объемы перевозок по БАМу и Транссибу за счет повышения весовых норм составов, участковых скоростей движения, эффективности тяговых возможностей тепловозов. Подобные задачи уже ставились в 70-е годы прошлого столетия. Их решение осложнялось недостаточным опытом (по современным представлениям) создания и применения опорно-рамных и комбинированных тяговых приводов на грузовых тепловозах и отсутствием объективного представления об эксплуатационных условиях, в которых предстоит работать проектируемым тепловозам. В этой связи, проектирование колесно-моторных блоков (КМБ) тележечных экипажей тепловозов с опорно-осевым подвешиванием тяговых приводов выполнялось на основе обобщенных результатов эмпирических исследований динамики различных типов и серий локомотивов.

Целью работы является разработка модели математического анализа и алгоритма расчета категорий динамических сил и скорости взаимодействия колес грузового тепловоза в контактах с рельсами, на стадии проектирования тяговых приводов, для обеспечения высоких технико-экономических показателей их работы в условиях эксплуатации.

Многолетний мониторинг надежности работы тепловозов на Восточном участке БАМа определил системные отказы оборудования экипажной части, которыми под-

тверждается необъективность расчетных конструкторских решений тяговых приводов тепловозов современных серий ТЭ25А, 2ТЭ25КМ и 3ТЭ25К2М, созданных в XXI веке. Системные отказы оборудования КМБ современных серий (ТЭ25КМ) являются следствием непосредственного «механического» заимствования неудачных конструкторских решений универсальных экипажей тепловозов (ТЭ10 и ТЭ116).

В исследовании предложено уточнение теоретических положений моделирования качественных критерии динамики в контактах колес с рельсами тяговых приводов тепловозов на стадии проектирования. Механизм взаимодействия «колесо–рельс» обоснован математической теорией движения круга – циклоидой. Алгоритм оценки сил в контактах колес с рельсами построен на теоремах классической теоретической механики несвободного движения колесной пары и законах динамики как неизменяемой гомономной системы.

Получено уточнение характеристик кинематики (угловая скорость, угловое ускорение), реальных центров скоростей и ускорений колес, моментов инерции вращающихся неподдесоренных масс колесно-моторных блоков с опорно-осевым подвешиванием тяговых приводов. Новый подход позволяет количественно оценивать критерии динамики в контактах колес с рельсами на стадии проектирования, которые раньше не поддавались расчету.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, локомотивы, несвободное плоскопараллельное движение колес, поступательная скорость подвижного состава, угловая скорость, угловое ускорение взаимодействия кругов качения колес с рельсами.

**Для цитирования:** Егоров П. Е., Коблов Р. В., Новачук Я. А. Уточненные подходы к критериям оценки динамики в контакте «колесо–рельс» // Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 30–35. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-4>.

**Полный текст статьи в переводе на английский язык публикуется во второй части данного выпуска.**  
**English translation of the full text of the article is published in the second part of the issue.**

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

### Актуальность исследований

Несмотря на общеизвестные достижения в проектировании и создании отечественных локомотивов, негативные явления конструктивных отказов механического оборудования экипажей в последнее время стали предметом активного дискуссионного обсуждения в кругах ученых, инженеров железнодорожников и машиностроителей [1]. Причины этого следующие:

1) до настоящего времени ни заказчик, ни транспортные машиностроители – исполнители заказов, не располагают математической теорией проектирования более мощных магистральных тепловозов с повышенными показателями надежности, улучшенной динамикой и повышенными тяговыми свойствами [2];

2) проектирование механического оборудования экипажной части выполняется в соответствии с ГОСТ Р 55513–2013 по статической осевой нагрузке, коэффициентам запаса статической прочности и сопротивлению циклической усталости, которые не могут в полной мере отражать реальные критерии сил и реакций нагруженной механической части тяговых приводов в эксплуатационных условиях;

3) решение задач динамики экипажей при несвободном движении материальных точек полюсов колес в контактах с поверхностью рельсов, выполняется по приближенным методикам, в основу которых положена средняя алгебраическая поступательная скорость центров колес, а «это связано, в частности, с отсутствием метода определения угловой скорости  $\omega$  колес» [3];

4) парадигмы моделирования динамических нагрузок, поступающих на контакты колес с рельсами и подпрессоренные массы экипажной части тепловозов, построены только на характеристиках геометрических возмущений от состояния поверхностей рельсов (приведенных к гравитационному ускорению  $g$ ), по которым оценивают динамические свойства, прочность и долговечность конструкций на стадии проектирования.

Что касается личного опыта исследований, заметим, что вплоть до нынешнего периода не до конца изучены и адаптированы важнейшие законы динамики, категории сил и скоростей взаимодействующих колес и рельсов, лежащие в основе процессов работы механиз-

мов. Сформировавшееся причинно-следственное положение в этом процессе закрепили ошибочные позиции исследователей и инженеров, по сути, утверждающие, что природа лишила железнодорожников законов механики. Рассмотрим, так ли это, на отечественных примерах.

### Отечественная исследовательская научно-теоретическая база

Практическая необходимость углубленных научно-теоретических исследований оценки динамических постоянных и переменных сил и реакций взаимодействия колес паровозов в контактах с рельсами в зависимости от скорости движения была определена крушениями поездов (1883, 1888 гг.) на железных дорогах России. Крушения стали основным мотивом профессора Н. П. Петрова в исследовании влияния целого ряда сопутствующих носителям причин явлений, которые не имели к этому времени теоретических обоснований и алгоритмов оценки: допускаемых границ напряжений [σ] в рельсах (в соприкосновениях с колесами) [4].

Зная закон несвободного и вынужденного движения материальной точки по заданной неподвижной поверхности и с учетом наложенных на нее связей, профессор Н. П. Петров приступил к определению действующих на нее сил. На основе такого подхода были разработаны имитационная математическая модель анализа и алгоритмы определения числовых значений векторов: горизонтальных сил тяги, которые определенным образом зависят от времени и от скорости паровоза; вертикальных центробежных сил вращающихся масс, воспринимаемых рельсами при поступательной и вращательной скорости движения колес, их сцепления с рельсами. В основу имитационных математических моделей были положены уравнения Циммермана и Клапейрона. Приоритет по наиболее объективной сходимости с реальностью получила модель на основе уравнений Клапейрона.

Для подтверждения научной достоверности теории Н. П. Петров выполнил уточнение и коррекцию результатов ранее выполненных опытов других ученых. Расчетные значения динамических нагрузок от колес на рельсы имели сходимость с опытными данными в интервале плюс 3,9 % и минус 1,8 % (в килограмм-силах) [4].



По заключению ученого, эта теория «освобождала от необходимости делать предположения некоторого подобия существующей действительности и позволяет оценивать полное обоснованное влияние каждого фактора, невозможное в опытах». В дальнейшем теория Н. П. Петрова получила развитие в исследованиях и научных работах профессоров С. П. Тимошенко, А. Л. Васютинского, Г. М. Шахунянца и других в области взаимодействия подвижного состава и пути.

В 1897 году по проекту Н. П. Петрова на Путиловском заводе создали пассажирский паровоз. Диаметр движущих колес паровоза составлял 2000 мм. Он с поездом массой 250 т достигал средней скорости 78 км/ч. Паровозы этой серии проработали до 1911 года – в курьерском движении, а до 1930-х годов – в местном [5].

### Проблемы текущего момента

Интенсивный переход на прогрессивные виды тяги (тепловозы, электровозы) определил ряд новых динамических свойств тележечных экипажей с индивидуальным приводом колесных пар. Возникшие проблемы не имели объективного научно-теоретического анализа и объяснения, что привело к необходимости изучать их в процессе экспериментальных исследований.

Необходимо заметить, что в процессе экспериментов не идентифицировался ряд основных факторов: сила тяги КМБ и отдельных локомотивных секций, максимальные моменты количества движения инерциальных сил вращающихся масс КМБ и ряд других [6]. Числовые критерии сил взаимодействия колес с рельсами вычислялись по величине амплитуд и ускорений подпрессоренной части тележек и кузова, приведенных к их гравитационному ускорению в долях  $g$ , а также по коэффициентам динамики подпрессоренных частей  $K_o$  в зависимости от поступательной скорости различных типов локомотивов [6].

Решая непростые задачи улучшения динамики тяговых приводов тепловозов, А. И. Беляев [7] обратил внимание научной общественности на различное вибрационное состояние буксовых узлов колесных пар с опорно-осевым подвешиванием тяговых приводов. В процессе тщательно подготовленных и выполненных опытов он установил, что измеряемой единице вибрационного ускорения буксы в доле  $g$  (со стороны зубча-

того редуктора) каждый раз соответствовала неопределенная (случайная) величина вертикальных амплитуд возмущений, поступающих от рельсовой колеи, в сравнении с противоположной буксой.

Математическим имитационным моделированием вибраций элементов КМБ тепловозов (ТЭ10Л, ТЭ10В, ТЭ116, ТЭМ7), в сопоставлении со статистико-вероятностными данными опытов, А. И. Беляев установил существование зависимостей амплитуд вибраций буксовых узлов от консервативных сил, определяемых неподпрессоренными массами различных типов приводов. Однако эти зависимости из-за недостаточной аналитической аргументации в течение продолжительного времени вызывают у экспертов недоверие к ним. В то же время большинство известных моделей, за редким исключением, сформированы на основе приближенных линейных дифференциальных уравнений вынужденных синусоидальных колебаний рам тележек и кузова. Математическая сущность такого прогнозирования отражает недостаточное понимание практических законов гармонических колебаний и динамики системы КМБ, в частности, существующих кинематических и динамических факторов в контактах колес с рельсами, когда точка колеса  $T$  (точка контакта с рельсом) вынуждена двигаться по заданной неподвижной поверхности рельса не предсказуемого физического состояния.

Исходя из определения динамики, она имеет одно начало – скорость. Однако до настоящего времени у исследователей сохраняется недостаточное понимание природы связей механизма качения и математической сущности конвергенции уравнений (в частном случае) кинематики поступательно-вращательного движения колеса: поступательной, окружной и угловой скорости; касательного, нормального и углового ускорений при равномерном движении локомотива и равномерном вращении колеса [3].

Это связано с тем, что в современных учебниках по теоретической механике и монографиях авторы приводят ряд противоречивых толкований законов динамики и теорем плоскопараллельного движения полюсов ведущих колес, в частности, точек соприкосновения их с рельсами. Например, качение колеса по прямолинейному рельсу рассматривается только как поступательное со скоростью центра колеса. Таким образом, слож-

ное движение точек – полюсов сечений кругов качения колес – принимается тождественным поступательному движению локомотива, при котором все его точки движутся так же, как произвольно выбранные полюсы – центры колес [8; 9].

В работах [10–12] впервые предложены адаптированные методика и алгоритмы, позволяющие объективно решать задачи динамики несвободного, плоскопараллельного и поступательно-вращательного движения полюса колеса, когда точка вынуждена двигаться по заданной неподвижной поверхности или кривой. Методика позволяет определять: а) что закон движения точек круга сечения профиля железнодорожных колес соответствует годографу циклоиды, сохраняя связи и соотношения диаметров колес одной колесной пары с поступательной скоростью тепловоза; б) результирующую скорость  $V_A$  точки  $A$  (принадлежащей кругу качения колеса) на любом участке трансцендентной траектории циклоиды (от 0 до  $\pi$ ), учитывая диаметр движущих колес, положение колесной пары в рельсовой колее и время; в) скорость взаимодействия колес с рельсами  $V_B$ , в зависимости от поступательной скорости  $V_0$  тепловоза; г) угловую скорость  $\omega_B$  взаимодействия колес с рельсами; д) угловое центростремительное ускорение  $\varepsilon_{\perp}$  в контактах колес с рельсами.

### Определение углового ускорения в контакте колеса с рельсом

Одна из ряда причин неразвитости теории взаимодействия «колесо–рельс» [13] состоит в том, что несвободное движение колес локомотивов относится к мало изученным разделам теоретической и прикладной механики<sup>1</sup> [9]. В базисе противоречий, в частности, доминирует отсутствие адаптированной практической методики и алгоритма, позволяющих определять численные значения углового (центростремительного) ускорения точки центра масс ведущего колеса, являющегося его полюсом и контактом с рельсом.

Цель работы состоит в актуализации и описании математических уравнений углового ускорения и разработке математического алгоритма решения задач с высокой достоверностью оценки критериев ускорения в контакте «колесо–рельс» на базисе теории циклоиды,

мгновенной угловой скорости точки круга качения каждого в отдельности колеса колесной пары в контакте с рельсом, с учетом конструкторско-технических параметров КМБ.

### МЕТОДОЛОГИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ, ОБСУЖДЕНИЕ

Методологические подходы к решению задач оценки угловых ускорений, в частном случае, требуют уточнения и обоснования особенностей теоретических положений кинематики и динамики несвободного, сложного, поступательно-вращательного движения колес локомотива, например, вращения колес (колесной пары), напрессованных на ось. Закон вращательного движения колеса выражает уравнение:

$$\varphi = f(t). \quad (1)$$

Измеряется угол  $\varphi$  всегда в радианах. Основными кинематическими характеристиками вращательного движения колеса является его угловая скорость  $\omega$  и угловое ускорение  $\varepsilon$ . Угловую скорость в данный момент времени  $t$  выражает уравнение:

$$\omega = d\varphi/dt. \quad (2)$$

Если угловая скорость колеса остается постоянной ( $\omega = \text{const}$ ), то вращение колеса называется равномерным:

$$\omega = \varphi/t. \quad (3)$$

В технике скорость равномерного вращения часто определяют числом оборотов в минуту, обозначая эту величину через  $n$ , об/мин. Зависимость между  $n$ , об/мин и  $\omega$  – 1/сек. При одном обороте колесо поворачивается на угол  $2\pi$ , а при  $n$  оборотах на  $2\pi n$ , этот поворот делается за время  $t = 1 \text{ мин} = 60 \text{ сек}$ . Исходя из этого следует, что:

$$\omega = \pi n/30 \approx 0,1 n. \quad (4)$$

Следует особо подчеркнуть, что  $n$  по размерности не угол, а угловая скорость. Тогда угловое ускорение в данный момент времени численно будет равно первой производной от угловой скорости по времени:

$$\varepsilon = d\omega/dt. \quad (5)$$

В качестве единицы измерения обычно применяется 1/сек<sup>2</sup>.

Установив характеристики угловой скорости круга качения колеса в целом, необходимо перейти к пояснению движения отдельных его точек [10; 14]. Чтобы упредить противоречия и дискуссии, необходимо напомнить о том, что закон движения условной точки круга сечения ведущего колеса имеет математическое описание обыкновенной циклоиды. При движении колеса – круга качения

<sup>1</sup> Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики: учеб. для втузов. – М.: Высшая школа. – 1986. – 416 с.



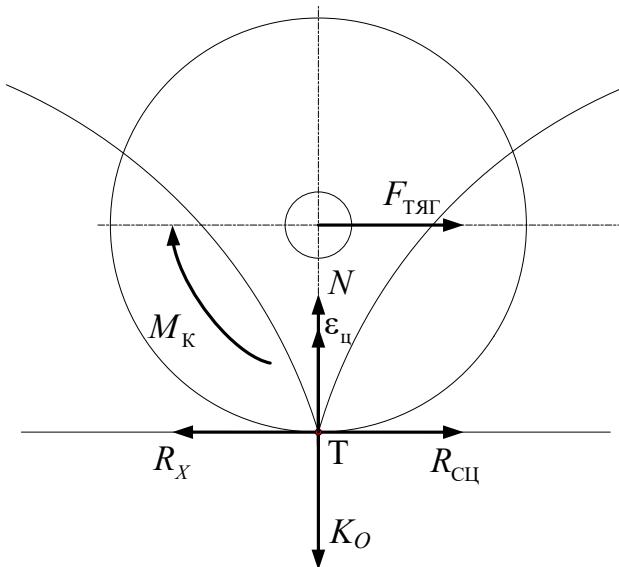


Рис. 1. Траектория движения точки A сечения колеса (линии циклоиды), векторы углового ускорения  $\varepsilon_{\text{уу}}$ , момента  $M_K$  в соприкосновении колеса с рельсом, векторы:  $F_{\text{тэ}}$  – сила тяги,  $R_x$  – реакция рельса,  $R_{\text{сц}}$  – сила, отражающая сцепление в состоянии равновесия (тождественная  $R_y$ ),  $K_O$  – импульс равнодействующих сил [выполнено авторами].

с радиусом  $r$ , условная точка  $A$  будет описывать циклоиду, плоскость которой перпендикулярна к оси вращения, но центр поворота будет в точке  $T$ , в полюсе на неподвижной поверхности центроиды (поверхность головки рельса).

Необходимо отметить, что угловая скорость качения круга сечения бандажа имеет отличие от линейной или окружной скорости точки  $A$  [10; 14].

Математический закон равномерного, плоскопараллельного движения точек сечения колес без проскальзывания в полюсах представлен математической трансцендентной функцией – циклоидой, которая сохраняет соотношения и связи векторов ускорения в полюсе колеса. Этот закон определен уравнениями кинематики поступательной, результирующей и угловой скоростей при равномерном движении колесной пары и угловым ускорением в условных точках возврата обычновенной циклоиды, теоремами Н. Е. Жуковского, Д'Аламбера [15].

При таком подходе закон движения материальной точки по поверхности рельса равен:

$$V_0 = \frac{dS}{dt}, \quad (6)$$

где  $V_0$  – поступательная скорость колеса.

При условии, что колесо вращается равномерно, можно определить линейную скорость точки  $A$ , которая расположена на круге качения обода колеса:

$$V_A = V_0 = \frac{dS}{dt} = (r\varphi) = r \frac{d\varphi}{dt} = r\omega. \quad (7)$$

Согласно свойствам циклоиды [10–12; 14], получаем уравнение вектора линейной результирующей скорости:

$$V_A = 2V_0 \cdot \cos\alpha. \quad (8)$$

Из условия, что полюс контакта колеса  $T$  с рельсом не скользит по рельсу и вектор линейной результирующей скорости точки колеса  $V_A$  направлен под углом  $\cos 45^\circ$  к поступательной скорости центра колеса  $V_0$ , что соответствует  $\frac{\sqrt{2}}{2}$ , находим:

$$V_A = 2V_0 \frac{\sqrt{2}}{2} = V_0\sqrt{2}. \quad (9)$$

Следовательно, тождество (9) исключает сомнения профессора М. Ф. Вериго [3] и позволяет определять мгновенную угловую скорость взаимодействия круга качения каждого колеса колесной пары с рельсом:

$$\omega_T = \frac{V_A}{r}. \quad (10)$$

Формула (10) показывает, что  $V_A$  представляет мгновенную скорость взаимодействия круга сечения колеса с рельсом в полюсе  $T$ . Эта скорость математически обоснована параметрической связью с диаметром круга качения. Наряду с этим вектор результирующей скорости  $V_A$ , касательной к циклоиде, всегда проходит через верхнюю точку диаметра круга качения. А нормаль к касательной всегда проходит через полюс  $T$  [10–12; 14]. В соответ-

ствии с трансцендентностью циклоиды, каждый годограф имеет свою постоянную  $k$ :

$$k = \sqrt{\frac{1}{2r}}. \quad (11)$$

По условию (10), когда известен: модуль средней алгебраической поступательной скорости  $V_0$ , числовое значение передаточного отношения тягового редуктора  $\mu$  колесно-моторного блока, диаметр кругов качения колес, определяем угловую скорость взаимодействия колеса с рельсом для любого сечения профиля одной колесной пары. При этом линейная скорость  $V_0$  должна быть выражена в радианах в секунду, тогда:

$$V_0 = \frac{\pi n}{30} r, \quad (12)$$

$$\omega_T = V_T = V_0 \sqrt{2}, \quad (13)$$

$$\omega_T = \frac{\pi n}{30} r \sqrt{2}. \quad (14)$$

Если угловая скорость является величиной постоянной  $\omega = \text{const}$ , то вектор нормального ускорения полюса  $T$  будет направлен по нормали к трансцендентным годографам точки подвижной центроиды<sup>2</sup>. Следовательно, ускорение материальной точки колеса по модулю соответствует центростремительному ускорению  $\varepsilon_{\text{ц}}$ , вектор которого всегда направлен от точки  $T$  к центру оси круга  $O$  сечения сложного профиля колеса (рис. 1):

$$\varepsilon_{\text{ц}} = \frac{\pi^2 n^2}{900} r \sqrt{2}. \quad (15)$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, развитие методики определения категории скорости сложного поступательного и вращательного движения колеса локомотива позволяет решать первую и вторую задачи динамики и определить реакции наложенных связей. Основной закон динамики для несвободного движения точки колеса примет вид:

$$\sum m_k \varepsilon_{\text{ц}} = \sum F^a + N, \quad (16)$$

<sup>2</sup> Бать М. И., Джанелидзе Г. Ю., Кельзон А. С. Теоретическая механика в примерах и задачах. В 3 томах. Том 1. Статика и кинематика – М.: Наука, 1967. – 512 с.

где  $F^a$  – активные постоянные и переменные силы, действующие на полюс  $T$ ;

$N$  – реакция ровной поверхности неподвижной центроиды (рельса) на воздействие полюса колеса с учетом конвергенции активных сил и скоростей.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гапанович В. А., Попов Ю. И. О взаимодействии динамически нагруженной механической части электропоездов и инфраструктуры // Локомотив. – 2021. – № 5 (774). – С. 2–5. EDN: UMAZYL.

2. Валинский О. С. Локомотивная тяга: настоящее и будущее // Локомотив. – 2017. – № 12 (732). – С. 2–6. EDN: ZVRVEV.

3. Вериго М. Ф., Коган А. Я. Взаимодействие пути и подвижного состава. – М.: Транспорт, 1986. – 558 с.

4. Петров Н. П. Давление колес на рельсы железных дорог, прочность рельсов и устойчивость пути. – Петроград: Тип. Т-ва «Электро-тип. Н. Я. Стойковой», 1915. – 263 с.

5. Карягин В. И. Памятный знак ученому – новатору // Локомотив. – 2020. – № 6 (762). – С. 46–48. EDN: QPLZTR.

6. Королев К. П. Тележечные экипажи локомотивов для повышенных скоростей движения // Труды ВНИИЖТ. – 1962. – № 248. – 304 с.

7. Беляев А. И. Динамические свойства тяговых приборов тепловозов и возможности их улучшения / дисс... докт. техн. наук. – М.: МИИТ, 1978. – 394 с.

8. Гарг В. К., Дуккипати Р. В. Динамика подвижного состава. – М.: Транспорт. – 1988. – 391 с. ISBN 5-277-00226-X (рус.), ISBN 0-12-275950-8 (англ.).

9. Гура Г. С. Качение тел с трением. Фреттинг. – Сочи: ООО «Полиграфический центр Дория», 2009. – 295 с. ISBN 978-5-94945-020-8.

10. Новачук Я. А., Никитин Д. Н., Коблов Р. В., Тепляков А. Н. Новая парадигма кинематики «колесо–рельс» // Известия Транссиба. – 2014. – № 3 (19). – С. 24–31. EDN: SYLZDD.

11. Коблов Р. В., Егоров П. Е., Новачук Я. А. Новое прочтение механизма образования силы тяги локомотива // Мир транспорта. – 2016. – № 5 (66). – С. 6–18. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2016-14-5-1>.

12. Novachuk, Ia., Koblov, R., Teplyakov, A., Egorov, P. Innovative Method of Determination of Speed of Interaction of Wheels with Rails. 15<sup>th</sup> International Scientific Conference «Procedia Engineering». St. Petersburg, 2016, Vol. 165, pp. 1503–1511. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.886.

13. Митрохин А. Н. «Колесо–рельс»: Требуется более совершенная теория // Железнодорожный транспорт. – 1998. – № 7. – С. 41–44.

14. Новачук Я. А., Никитин Д. Н., Коблов Р. В. Кинематика взаимодействия «колесо–рельс» // Мир транспорта. – 2012. – № 4 (42). – С. 16–19. EDN: PFFKJP.

15. Жуковский Н. Е. Кинематика, статика, динамика точки. – М.: Оборонгиз, 1939. – 403 с. ●

### Информация об авторах:

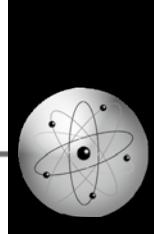
**Егоров Петр Егорович** – старший преподаватель кафедры транспорта железных дорог Дальневосточного государственного университета путей сообщения (ДВГУПС), Хабаровск, Россия, P. E. Egorov@rambler.ru.

**Коблов Роман Викторович** – старший преподаватель кафедры транспорта железных дорог Дальневосточного государственного университета путей сообщения (ДВГУПС), Хабаровск, Россия, romashka.one2007@rambler.ru.

**Новачук Ярослав Антонович** – кандидат технических наук, доцент кафедры транспорта железных дорог Дальневосточного государственного университета путей сообщения (ДВГУПС), Хабаровск, Россия, novachuk@inbox.ru.

Статья поступила в редакцию 06.12.2022, актуализирована 07.05.2023, одобрена после рецензирования 27.08.2023, принята к публикации 29.08.2023.





# Позиционирование колесных пар при измерении линейных параметров



**Владимир Сергеевич Красильников**

Филиал Самарского государственного университета путей сообщения, Нижний Новгород, Россия.

ORCID: 0000-0002-8592-0396; РИНЦ Author ID: 1112077; РИНЦ SPIN-код: 2304-4962.

✉ [vskrasilnikov@ya.ru](mailto:vskrasilnikov@ya.ru).

Владимир КРАСИЛЬНИКОВ

## АННОТАЦИЯ

Устройства для позиционирования относятся к устройствам для перемещения объектов, а именно к подъемным устройствам, и используются в различных отраслях машиностроения, в том числе, в железнодорожном машиностроении. Устройства данного типа актуальны для применения в измерительной технике для позиционирования деталей вращения. Устройство для позиционирования обычно используется в составе устройств для измерения и контроля размеров колесных пар.

В задачу исследования входило рассмотрение различных способов и устройств для позиционирования колесных пар, выявление их достоинств, ограничений и недостатков.

Цель исследования состояла в разработке нового устройства для позиционирования, позволяющего повысить надежность его работы, расширить области применения и функциональные возможности. В статье даны рекомендации по созданию более универсального устройства позиционирования, пригодного к применению для колесных пар различных типов.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, позиционирование, перемещение, колесная пара, измерительная система, линейные параметры, позиция измерения.

**Для цитирования:** Красильников В. С. Позиционирование колесных пар при измерении линейных параметров // Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 36–42. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-5>.

**Полный текст статьи в переводе на английский язык публикуется во второй части данного выпуска.**  
**English translation of the full text of the article is published in the second part of the issue.**

## ВВЕДЕНИЕ

Устройства для позиционирования используются в железнодорожном машиностроении в производстве колесных пар, а также на ремонтных предприятиях сети железных дорог в процессе ремонта и формирования колесных пар. Устройство позиционирования предназначено для перемещения колесной пары с рельсового пути в измерительную систему на позицию измерения линейных параметров после ремонта или формирования колесной пары для проверки точности размеров, в том числе и после выполнения репрофилирования ее поверхностей катания. Устройство позиционирования используется обычно в составе технологического оборудования по ремонту колесных пар [1; 2] и, в частности, в составе систем для измерения линейных параметров элементов колесных пар [3–6], по которым производится оценка их ресурса [7–9].

В статье с помощью *сравнительного анализа* рассмотрены достоинства и ограничения известных способов и устройств позиционирования. Недостатки существующих устройств связаны с невысокой точностью позиционирования колесной пары, обусловленной погрешностями ее установки относительно измерительной системы, а также с погрешностями измерений, возникающими из-за вибрации колесной пары при ее вращении в позиции измерения.

Цель исследования состояла в разработке нового устройства позиционирования, ориентированного на преодоление недостатков известных устройств и повышение надежности работы. В статье даны рекомендации по дальнейшей разработке более универсального устройства позиционирования для различных типов колесных пар.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### История применения известных устройств для позиционирования колесных пар

Устройства для позиционирования колесных пар используются в измерительной технике более 40 лет. Одним из наиболее ранних устройств такого рода было устройство, которое предложили Г. Витткопп и Г. Грутезер в 1981 году [10]. В этом устройстве конструктивно разделены узлы, обеспечивающие базирование колесной пары, а именно, базирующее приспособление и опорный стол, приме-

няемый в качестве подъемника колесной пары. Однако данное разделение привело к необходимости проведения дополнительной операции по перемещению колесной пары с опорного стола в базирующее приспособление, что усложнило процесс измерений, и, тем самым, явилось, если смотреть с позиций сегодняшнего дня, определенным недостатком устройства.

В 1988 году в заявке № 262425 ПНР было предложено другое устройство для позиционирования [11]. Данное устройство, подробно описанное в [12], имеет базирующее приспособление и стол с опорами, предназначеными для размещения на них колесной пары. Базирующее приспособление в устройстве [11] совмещено с опорным столом в отличие от предыдущего устройства [10]. Такое совмещение привело к упрощению конструкции, но снизило точность измерений из-за того, что колесная пара подвергается толчкам и ударам во время ее размещения на столе, а также вибрации при последующем вращении. Это приводит к появлению биений (из-за отклонений от номинальных размеров колесной пары и опорного стола), что снижает точность измерений.

Другим недостатком устройства [11] является невысокая точность позиционирования, связанная с большими допусками<sup>1</sup> на отклонение от концентричности круга катания и на отклонение высоты гребней колес (до 1 мм). Недостатком является также недостаточная устойчивость колесной пары, возникающая из-за того, что колесная пара размещается на опорах посредством контакта с гребнями колес.

### Устройство с повышенной точностью позиционирования

В 2007 году с участием автора статьи было разработано устройство для позиционирования колесной пары с повышенной точностью [13]. Цель создания устройства заключалась в повышении точности позиционирования и устойчивости колесных пар типа РУ1–950 и РУ1Ш–950 грузовых вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 мм.

<sup>1</sup> Инструкция ЦВ-944 по осмотру, освидетельствованию, ремонту и формированию вагонных колесных пар. Утверждена МПС России от 20 июня 2003 г. № ЦВ-944. Введ. 2006-01-01. [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/1200102226>.



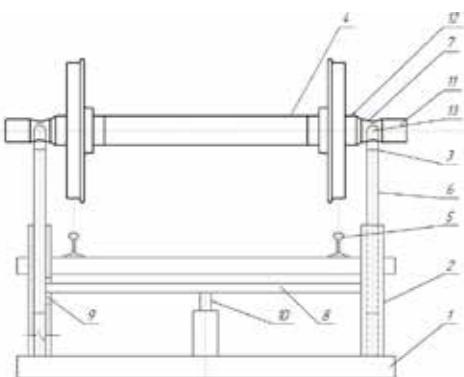


Рис. 1. Устройство для позиционирования колесной пары [13]: 1 – основание, 2 – направляющие, 3 – опоры, 4 – колесная пара, 5 – рельсы, 6 – стойки, 7 – галтельные переходы, 8 – перекладина, 9 – прорези в направляющих, 10 – механизм перемещения, 11 – шейка оси, 12 – предпоступничная часть оси, 13 – область контакта опоры и галтельный перехода.

Эти колесные пары<sup>2</sup> выпускались до 2006 года с номинальным диаметром 950 мм. Схема устройства для позиционирования [13] показана на рис. 1.

На горизонтальном основании 1 устройства [13] закреплены вертикальные направляющие 2, которые выполнены в форме труб. Внутри направляющих 2 расположены подвижные стойки 6, на которых установлены опоры 3 для размещения колесной пары 4 при снятии с рельсов 5. Стойки 6 расположены между собой на расстоянии, равном расстоянию между галтельными переходами 7, и соединены перекладиной 8. Направляющие 2 имеют прорези 9, в которых перемещается перекладина 8. Перекладина 8 опирается на механизм 10 вертикального перемещения, установленный на основании 1. Опоры 3 выполнены в форме V-образных ложементов для взаимодействия с поверхностью галтельных переходов 7, расположенных между цилиндрической частью шейки 11 и предподступичной частью 12.

Контактные поверхности опор 3 выполнены ответными образующей галтельных переходов 7, то есть, сечение контактных поверхностей опор 3 в области контакта 13 опоры и галтельного перехода совпадает с сечением поверхности галтельных переходов 7.

Поставленная задача по повышению точности позиционирования и повышению

устойчивости колесной пары была решена в устройстве [13] за счет того, что опоры выполнены в виде V-образных ложементов. Главной особенностью устройства [13] является то, что контактная поверхность опор выполнена ответной образующей поверхности галтельных переходов (занижение диаметра шейки оси в области галтели<sup>1</sup> достигает 0,45 мм), а расстояние между стойками выбрано равным расстоянию между галтельными переходами. Такое выполнение устройства [13] позволило (путем переноса опор под указанные галтельные переходы) добиться уменьшения погрешности позиционирования, вносимой механическими составляющими устройства [11] при взаимодействии опор с гребнями колес. Это уменьшение обеспечено тем, что допуски на размеры галтельных переходов (0,2 мм [8]) в пять раз меньше, чем допуски на размеры диаметра колес колесной пары, измеренных по их гребням (порядка 1 мм). Тем самым точность позиционирования оси колесной пары в [13] была повышена до величины  $\pm 0,2$  мм.

Устойчивость колесной пары в устройстве [13] повышена за счет существенного уменьшения высоты колесной пары по отношению к опорам, так как диаметр галтельных переходов (порядка 130 мм), которыми колесная пара опирается на опоры, намного меньше диаметра колес (950 мм).

Дополнительный фактор повышения устойчивости колесной пары в устройстве [13] обусловлен увеличением величины расстояния между опорами до величины расстояния между галтельными переходами (1874 мм), которое превышает на 402 мм расстояние между гребнями колес (1472 мм).

Расположение стоек 6 на расстоянии между ними, равном величине расстояния между галтельными переходами, и непосредственно под опорами в устройстве [13] исключает возможность деформации изгиба креплений опор, возникающей при опиরании колесной пары гребнями колес на выступающие опоры опорного стола (что наблюдается в устройстве [11]), и позволяет дополнительно повысить точность позиционирования.

Специальное выполнение контактной поверхности опор в виде ответной образующей поверхности галтельных переходов позволяет уменьшить удельное давление на

<sup>2</sup> ГОСТ 4835-2013. Колесные пары железнодорожных вагонов. Технические условия. Введ. 2014-01-07 приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 ноября 2013 г. № 1421-ст. – М.: Стандартинформ, 2014. – 66 с.

опоры со стороны колесной пары, что позволяет предотвратить локальный износ контактной поверхности опор, в результате чего повышается точность позиционирования в процессе длительной эксплуатации устройства [13].

Выполнение опор в виде V-образных ложементов позволяет установить колесную пару симметрично по отношению к осевой вертикальной плоскости, а также относительно поперечной вертикальной плоскости устройства позиционирования, что упрощает процесс установки колесной пары в позицию измерения. Выбор способа размещения колесной пары путем контакта галтельных переходов с опорами, выполненными в виде V-образных ложементов, контактная поверхность которых ответна образующей поверхности галтельных переходов, позволяет зафиксировать колесную пару как в поперечном, так и в продольном направлении. Это обеспечивает надежность закрепления измеряемого объекта относительно выбранной системы координат.

Однако и это устройство [13] имеет ограничения и недостатки, а именно, отсутствует возможность применения устройства для колесных пар различных типов – для колесных пар с разными расстояниями между галтельными переходами шеек оси и с шейками различного диаметра.

### Устройство для позиционирования колесных пар с шейками осей различного диаметра

Следующим этапом стало новое устройство для перемещения (позиционирования) колесных пар, разработанное автором статьи в 2022 году [14]. Разработка этого устройства направлена на обеспечение сохранности поверхности шеек осей, повышение надежности работы устройства и расширение области применения для колесных пар различных типов, а именно, для колесных пар с разными расстояниями между галтельными переходами и с шейками осей различного диаметра.

На рис. 2 приведено схематическое изображение устройства [14], на рис. 3 показан разрез по поперечной (радиальной) вертикальной плоскости механизма вертикального перемещения колесной пары, а на рис. 4 показан фрагмент устройства для перемещения (позиционирования) [14] в составе автома-

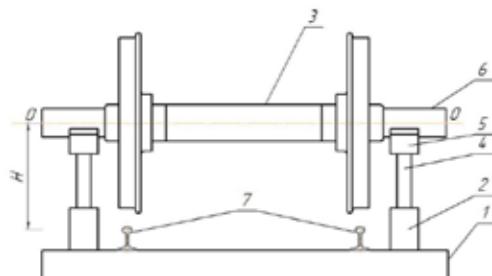


Рис. 2. Схематическое изображение устройства для перемещения колесных пар:

1 – основание, 2 – механизм вертикального перемещения колесной пары, 3 – колесная пара, 4 – подвижная часть механизма вертикального перемещения, 5 – опоры с плоскими накладками, 6 – шейка оси, 7 – рельсовый путь, 0-0 – геометрическая ось колесной пары, Н – высота расположения геометрической оси колесной пары, находящейся в позиции измерения [14].

тизированной установки<sup>3</sup> бесконтактного измерения геометрических параметров колесных пар, разработанной на основе принципов создания устройства для измерения линейных размеров колесных пар [15].

На основании 1 устройства [14] (см. рис. 2) закреплен механизм 2 вертикального перемещения, на подвижных частях 4 которого закреплены опоры 5 для размещения шеек 6 оси колесной пары 3. В состав механизма 2 входят гидроцилиндры (на рис. 2 не показаны).

Опоры 5 выполнены V-образными, и на них установлены плоские сменные накладки. Толщина накладок выбирается для каждого типа колесной пары отдельно в зависимости от величины диаметра шеек 6 оси для того, чтобы обеспечить уровень положения геометрической оси колесных пар 3 с шейками разного диаметра на одинаковой высоте Н в позиции измерения. Высота Н измеряется от уровня головок рельсов до уровня геометрической оси колесной пары в позиции измерения.

Отличительной особенностью проведения измерений в устройстве [14] является то, что колесную пару 3 в позицию измерения на заданную высоту Н поднимают, используя механический контакт плоских накладок опор 5 с цилиндрическими шейками 6 оси колесной пары 3. Далее, в позиции измерения, фиксируют колесную пару в установке<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Установки автоматизированные бесконтактного измерения геометрических параметров колесных пар «Геопар». Технические условия. ТУ 3138-076-52473498-2008 (НКСА.401.722.000 ТУ). Введ. 2008-08-08. – 22 с.



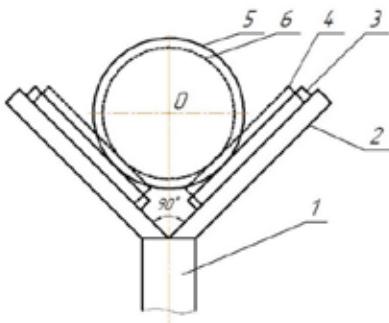


Рис. 3. Расположение шеек осей колесной пары в позиции измерения на накладках опор устройства для перемещения колесных пар (разрез по поперечной вертикальной плоскости механизма вертикального перемещения на рис. 2):

1 – подвижная часть механизма перемещения, 2 – опора, 3 и 4 – накладки разной толщины, 5 и 6 – шейки разного диаметра, О – геометрическая ось колесной пары [14].

для измерения линейных параметров колесных пар [15], включают вращение колесной пары 3 и производят измерение ее линейных параметров. После проведения измерений все операции производят в обратной последовательности и опускают колесную пару колесами на рельсовый путь 7. На рис. 3 показано расположение шейки оси на накладках опоры механизма вертикального перемещения устройства для перемещения колесных пар [14].

Подвижная часть 1 механизма вертикального перемещения (см. рис. 3) содержит опоры 2 с накладками 3, 4 разной толщины, которые обеспечивают расположение шеек 5, 6 разного диаметра в позиции измерения колесной пары. Угол между двумя частями опор составляет 90 градусов.

На рис. 4 показан фрагмент устройства для перемещения колесных пар [14], который является частью установки<sup>3</sup> для измерения геометрических параметров.

Устройство для перемещения колесных пар [14], включающее механизм 1 вертикального перемещения (гидроцилиндр) и опору 2 с накладками, находится в составе установки для измерения геометрических параметров, включающей стенду 3, блок 5 измерения диаметров шейки оси и блок 6 измерения диаметров оси колесной пары 4.

При определении геометрических параметров каждое измерение повторялось пять раз ( $n = 5$ ). За измеренное значение  $D_{изм}$  принималось среднее арифметическое значение:

$$D_{изм} = \frac{D_1 + D_2 + \dots + D_n}{n}.$$

Абсолютная погрешность для каждого результата измерений определялась как разность среднего арифметического значения результата измерения параметра и действительного размера  $D_o$  калибровочного приспособления:  $\pm \Delta = D_{изм} - D_o$ .

В частности, для измерения диаметров шеек осей колесных пар РУ1–957 и РУ1Ш–957 в диапазоне 129...131 мм использовался калибровочный стержень КС130 длиной 130 мм, измеренный службой метрологии с погрешностью  $\pm 0,0013$  мм. Калибровочный стержень устанавливался на технологическом кронштейне в блоке измерения диаметров шейки оси. Затем производилось измерение длины стержня, которая соответствовала диаметру шейки оси колесной пары. Абсолютная погрешность измерения диаметра шейки оси не превышала значений  $\pm 0,004$  мм.

### Преимущества нового устройства для позиционирования

Применение плоских накладок (см. рис. 3) в новом устройстве для измерения колесных пар, имеющих шейки осей различающегося диаметра [14], позволяет установить колесную пару симметрично относительно осевой вертикальной плоскости, что облегчает последующее позиционирование колесной пары в установке<sup>3</sup>. Выполнение накладок плоскими позволяет реализовать их достаточно широкими (до 120 мм) в направлении оси колесной пары. Это обеспечило возможность измерения колесных пар с различными расстояниями между галтельными переходами и, тем самым, дополнительно расширило область применения устройства [14].

Применение сменных плоских накладок, толщина которых выбирается в зависимости от величины диаметра шеек осей, обеспечило возможность позиционирования колесных пар с шейками разного диаметра.

Выполнение накладок из латуни, имеющей меньшую твердость, чем твердость шеек стальных колесных пар, позволило исключить повреждение поверхности шеек оси.

Контакт плоских накладок с цилиндрическими поверхностями шеек обеспечивает наибольшую точность позиционирования колесной пары, так как допуск на размер диаметра шейки оси (0,004 мм) значительно меньше, чем допуски (1,0 мм) на размеры других частей колесной пары (гребни колес,

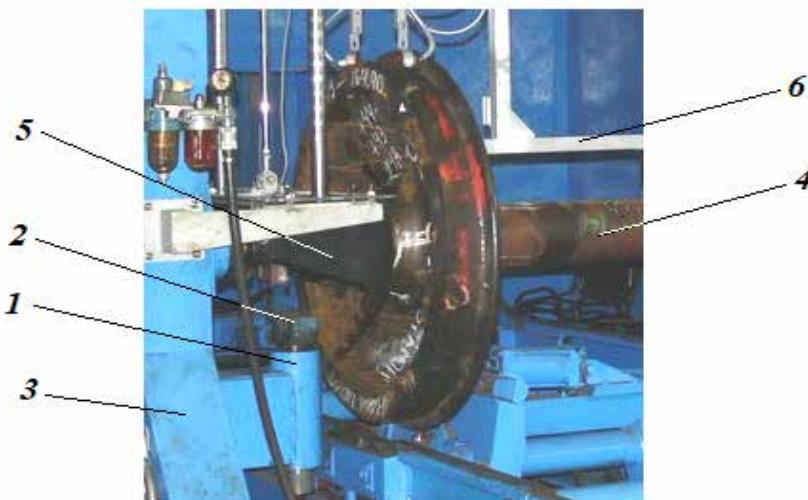


Рис. 4. Фрагмент устройства для перемещения колесных пар в составе установки<sup>3</sup> для измерения геометрических параметров: 1 – механизм вертикального перемещения колесной пары в позицию измерения (гидроцилиндр), 2 – опора с накладками, 3 – стенд установки для измерения геометрических параметров, 4 – колесная пара в позиции измерения, 5 – блок измерения диаметров шейки оси, 6 – блок измерения диаметров оси колесной пары [14].

поверхности катания колес), поверхности которых используются в качестве контактных поверхностей в устройствах [10; 11].

Однако, точность позиционирования колесной пары, величиной порядка  $\pm 0,004$  мм, в данном случае оказывается все же недостаточной, так как погрешность позиционирования определяется допусками на изготовление элементов механизма вертикального перемещения, которые в реальном исполнении составляют величину порядка 0,1 мм, поэтому именно эта величина и определяет действительную точность позиционирования ( $\pm 0,1$  мм) колесной пары в устройстве [14]. Данная точность позиционирования ( $\pm 0,1$  мм) в два раза превосходит точность позиционирования в устройстве [13], в котором она составляет величину  $\pm 0,2$  мм.

Опыт эксплуатации устройства перемещения [14] для позиционирования колесных пар в составе автоматизированной установки<sup>3</sup> бесконтактного измерения геометрических параметров, размещенной на участке выходного контроля вагонно-колесных мастерских ГЖД, показал, что устройство [14] имеет существенные преимущества в сравнении с известными устройствами для позиционирования [10; 11]. Были подтверждены высокие технические возможности устройства [14] в части повышения точности позиционирования колесной пары на позиции измерения (до  $\pm 0,1$  мм) и в части обеспечения позиционирования колесных пар с шейками осей

разного диаметра. Диаметры шеек осей колесных пар составляют, например, для вагонов, тепловозов ТЭП-70 и вагонов с повышенными осевыми нагрузками: 130<sup>1</sup>, 160<sup>2</sup> и 180 мм<sup>4</sup>, соответственно.

Целью дальнейшей разработки должно стать создание более универсального устройства для позиционирования любых типов колесных пар, в том числе, и для высокоскоростных поездов [16]. Требуется также разработка специального механизма подъема колесных пар с шейками различного диаметра на позицию измерения, который бы обеспечивал их позиционирование на одинаковом уровне расположения геометрической оси колесной пары без применения сменных на-кладок.

## ВЫВОДЫ

Техническим результатом разработки нового устройства перемещения [14] для позиционирования колесных пар является расширение области применения устройства и его функциональных возможностей, повышение надежности работы и обеспечение сохранности цилиндрических поверхностей шеек оси колесных пар. Устройство обеспечивает высокую точность позиционирования

<sup>4</sup> ГОСТ 22780-93. Оси для вагонов железных дорог колеи 1520 (1524) мм. Типы, параметры и размеры. Введ. 1995-01-01. Постановление Комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации от 02.06.1994, № 160. – 20 с.





колесных пар (до  $\pm 0,1$  мм) с разными расстояниями между галтельными переходами и с шейками осей различного диаметра. Для дальнейшего расширения области применения необходима разработка более универсального устройства позиционирования, пригодного к применению для любых типов колесных пар подвижного состава.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сенько В. И., Чернин Р. И., Удодов А. С. Новая технологическая оснастка для ремонта колесных пар вагонов // Актуальные вопросы машиноведения. – 2014. – Т. 3. – С. 285–287. EDN: ZCHPZF.
2. Скрябин В. А. Испытания технологического оборудования для изготовления колесных пар железнодорожного транспорта // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2018. – № 8. – С. 4–10. EDN: XWBTJR.
3. Красильников В. С., Ерилин Е. С., Фогель А. Л. Пат. № 2301968 Российская Федерация, МПК G01B 11/08, G01B 11/24. Способ контроля диаметров детали / заявитель и патентообладатель ГУП Нижегородское отделение – дочернее предприятие ВНИИЖТ МПС РФ. – № 2005132431/28; заявл. 20.10.05; опубл. 27.06.07. Бюл. № 18. – 5 с. EDN: YPEUHD.
4. Красильников В. С., Ерилин Е. С., Фогель А. Л. Пат. № 2312304 Российская Федерация, МПК G01B 7/12. Устройство для измерения диаметра цельнокатанных колес и бандажей по кругу катания / заявитель и патентообладатель ГУП Нижегородское отделение – дочернее предприятие ВНИИЖТ МПС РФ. – № 2006126223/28; заявл. 19.07.06; опубл. 10.12.07. Бюл. № 34. – 5 с. EDN: JMLRXB.
5. Красильников В. С., Ерилин Е. С., Фогель А. Л. Пат. № 65209 Российская Федерация, МПК G01B 7/12. Устройство для контроля геометрических параметров бандажей колес подвижного состава / заявитель и патентообладатель ГУП Нижегородское отделение – дочернее предприятие ВНИИЖТ МПС РФ. – № 2007102761/22; заявл. 24.01.07; опубл. 27.07.07. – 6 с. EDN: BAWQDM.
6. Красильников В. С., Ерилин Е. С., Фогель А. Л. Пат. № 62233 Российская Федерация, МПК G01B 7/12. Устройство для измерения диаметра цельнокатанных колес по кругу катания / заявитель и патентообладатель ГУП Нижегородское отделение – дочернее предприятие ВНИИЖТ МПС РФ. – № 2006138924/22; заявл. 03.11.06; опубл. 27.03.07. – 5 с. EDN: GQXNVX.
7. Кольцов Ю. А., Скребков А. В. Оценка ресурса колесных пар электровозов по информации о замерах контролируемых параметров // Транспорт Урала. – 2019. – № 4 (63). – С. 49–52. EDN: VIPGVN.
8. Игнатьев О. Л., Игнатьева О. В. Инновационный подход к снижению износа колесных пар нягового подвижного состава для повышения эксплуатационной эффективности // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 1 (50). – С. 30–32. EDN: ECVFKZ.
9. Воробьев А. А., Шадрина Н. Ю., Шадрин А. Н. Экспериментальная оценка точности восстановления бандажей колесных пар тягового подвижного состава на колесо-фрезерных станках // Новые материалы и технологии в машиностроении. – 2022. – № 35. – С. 17–22. EDN: WJRZQS.
10. Витткопп Г., Грутезер Г. А. Пат. 847945 СССР, МПК G 01 B 5/08; G 01 B 5/20. Способ измерения профилей катания колесных пар при репрофилировании и устройство для его осуществления / Патентообладатель фирма «Вильгельм Хегенштейд Гмбх» (ФРГ). Заявка 2407201; заявл. 06.10.76; опубл. 15.07.81, Бюл. № 26. – 6 с. [Электронный ресурс]: <https://patentimages.storage.googleapis.com/04/34/ff/3e75af9a0b4c1c/SU847945A3.pdf>. Доступ 22.11.2023.
11. Заявка на изобретение № 262425 ПНР, МПК G 01B; B 61K. Способ и устройство для измерения геометрического состояния колесной пары и износа ее рабочих профилей. Опубл. 1988 г., Бюл. патентного ведомства ПНР № 318/384/1988. № 384. – С. 82. (Zgłoszenie wynalazku Nr 262425 PRL. Sposob i urządzenie do pomiaru stanu geometrycznego zestawów kołowych i zużycie profilów roboczych tych zestawów, MKP G 01B; B 61K. Biuletyn urzędu patentowego Nr 318/384/ 1988. № 384, P. 82. Applicant: Kolejowe Zakłady Maszyn i Sprzętu Drogowego «RACIBORZ», Racibórz. Inventors: Madecki, Oerzy; Przewoźnik, Andrzej; Rudzki, Michał; Sierżant, Roman; Tokarski, Janusz; Wiechula, Paweł). [Электронный ресурс]: [https://uprp.gov.pl/sites/default/files/bup/1988/18/bup18\\_1988.pdf](https://uprp.gov.pl/sites/default/files/bup/1988/18/bup18_1988.pdf). Доступ 22.11.2023.
12. Сыченков В. В., Фроловский В. В. Пат. 2229995 Российской Федерации, МПК B 61 K 9/12, G 01 M 17/10. Способ базирования колесной пары, базирующеее приспособление и устройство для позиционирования колесной пары, а также комплекс для измерения нормируемых линейных размеров колесных пар / заявитель и патентообладатель Сыченков Владимир Васильевич. – № 2001133186/11; заявл. 06.12.01; опубл. 10.06.04, Бюл. № 16. – 14 с. EDN: TEDPPHP.
13. Красильников В. С., Ерилин Е. С., Земляков С. Г. [и др.] Пат. 62103 Российской Федерации, МПК B66F 11/00. Устройство для позиционирования колесной пары / заявитель и патентообладатель ГУП Нижегородское отделение – дочернее предприятие ВНИИЖТ МПС РФ. – № 2006138920/22; заявл. 03.11.06; опубл. 27.03.07. Бюл. № 9. – 5 с. [Электронный ресурс]: [https://www1.fips.ru/Archive/PAT/2007FULL/2007.03.27/INDEX\\_RU.HTM](https://www1.fips.ru/Archive/PAT/2007FULL/2007.03.27/INDEX_RU.HTM). Доступ 22.11.2023.
14. Красильников В. С. Пат. 212118 Российская Федерация, МПК B66F 11/00; СПК B66F 11/00. Устройство для перемещения колесных пар / заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения». – № 2022110773; заявл. 20.04.22; опубл. 06.07.22. Бюл. № 19. – 5 с. EDN: ONRBCO.
15. Красильников В. С., Беагон В. С., Ерилин Е. С. [и др.]. Пат. 2319925 Российской Федерации, МПК G 01 B 5/08, G 01 B 5/20. Устройство для измерения линейных размеров колесных пар / заявитель и патентообладатель ГУП Нижегородское отделение – дочернее предприятие ВНИИЖТ МПС РФ. – № 2006114906/28; заявл. 02.05.06; опубл. 20.03.08. Бюл. № 8. – 6 с. EDN: ARYASB.
16. Михайлов И. Г., Князев Д. А., Сухов А. В. [и др.]. Концепция колесных пар для перспективного высокоскоростного поезда // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железнодорог. – 2018. – № 2 (42). – С. 49–61. EDN: XMGCAN.

### Информация об авторе:

**Красильников Владимир Сергеевич** – кандидат физико-математических наук, доцент филиала Самарского государственного университета путей сообщения, Нижний Новгород, Россия, [vskrasilnikov@ya.ru](mailto:vskrasilnikov@ya.ru).

Статья поступила в редакцию 08.06.2023, актуализирована 30.11.2023, одобрена после рецензирования 20.12.2023, принята к публикации 27.12.2023.

# ТУ



## ВОЗДУШНЫЙ ТРАНСПОРТ 44

Современные алгоритмы и машинное обучение, чтобы лучше понять удовлетворенность пассажиров качеством обслуживания.



## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ТРАНСПОРТ 50

Правовые аспекты транспортных экосистем на основе ИИ: актуальное состояние, прогноз будущего и перспективный юридический инструментарий.

## УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА



## РЕМОНТ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА 58

Как синхронизировать сроки обслуживания пассажирского вагона и его элементов в период эксплуатации?



## АВТОТРАНСПОРТНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ В КУРОРТНЫХ АГЛОМЕРАЦИЯХ 64

Предложения по созданию интегративной бизнес-системы ПАТО с учетом сезонно-циклических особенностей функционирования пассажирского автотранспорта.





# Исследование качества обслуживания клиентов авиакомпаний методами машинного обучения



Вячеслав ДЮК



Игорь МАЛЫГИН

Вячеслав Анатольевич Дюк<sup>1</sup>,  
Игорь Геннадьевич Малыгин<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> Институт проблем транспорта  
им. Н. С. Соломенко Российской академии наук  
(ИПТ РАН), Санкт-Петербург, Россия.

<sup>1</sup> РИНЦ SPIN-код: 3148-2066.

<sup>2</sup> ORCID 0000-0002-0403-8095; Web of Science  
Researcher ID: E-2182-2018; Scopus Author  
ID: 57159964300; РИНЦ Author ID: 375896.

✉ <sup>1</sup> v\_duke@mail.ru.

## АНОТАЦИЯ

В статье приводятся результаты применения методов машинного обучения для исследования данных специальной анкеты, учитывающей общие характеристики авиарейсов, характеристики пассажиров и их мнения о различных аспектах авиарейса. Цель исследования – выявление в экспериментальных данных факторов, негативно влияющих на отношение пассажиров к услугам авиакомпаний.

При проведении исследования были использованы популярные алгоритмы, входящие в состав свободного программного обеспечения для анализа данных и машинного обучения, университета Вайкато (Новая Зеландия) WEKA, распространяемого по лицензии GNU GPL: наивный байесовский классификатор; многослойный перцептрон, использующий алгоритм обратного распространения ошибки; метод ближайших соседей (KNN) с адаптивным подбором параметров; деревья решений – алгоритм J48, который является аналогом на Java известного алгоритма C4.5; случайный лес; логистическая регрессия; алгоритм адаптивного бустинга

(AdaBoost); машина опорных векторов – алгоритм SMO (Sequential Minimal Optimization), являющийся одной из возможных реализаций алгоритма машины опорных векторов.

Показано, что наилучшие по точности модели, отражающие удовлетворенность пассажиров услугами авиакомпаний, получаются с помощью алгоритмов «случайный лес» (погрешность на тестовой выборке – 3,9 %) и нейронетового подхода (погрешность на тестовой выборке – 3,7 %). Вместе с тем, указанные алгоритмы не позволяют явным образом выделить факторы, характерные для авиа-пассажиров, не удовлетворенных качеством обслуживания. Этот пробел восполняет алгоритм на основе метода структурного резонанса в многомерных данных SRMD, позволивший выявить в данных точные логические правила, обладающие высокой полнотой. Полученные логические правила являются хорошо интерпретируемыми паттернами пассажиров, которые либо отрицательно, либо нейтрально оценивают услуги авиакомпании в целом.

**Ключевые слова:** авиационный транспорт, маркетинг, услуги авиакомпании, качество обслуживания пассажиров, искусственный интеллект, машинное обучение

**Финансирование:** работа выполнена в рамках исполнения государственного задания ИПТ РАН № 075-00602-24-0 на 2024 год и на плановый период 2025 и 2026 годов за счет средств предоставленной Минобрнауки России субсидии (соглашение о предоставлении субсидии из федерального бюджета на финансовое обеспечение выполнения государственного задания от 18.01.2024 № 075-03-2024-666).

**Для цитирования:** Дюк В. А., Малыгин И. Г. Исследование качества обслуживания клиентов авиакомпаний методами машинного обучения // Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 44–49. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-6>.

**Полный текст статьи в переводе на английский язык публикуется во второй части данного выпуска.**  
**English translation of the full text of the article is published in the second part of the issue.**

## ВВЕДЕНИЕ

Оценка качества обслуживания авиапассажиров играет важную роль в авиационной индустрии по нескольким причинам:

1. Понимание того, какие аспекты обслуживания важны для пассажиров, позволяют авиакомпаниям выявить слабые места и сфокусироваться на них для улучшения обслуживания.

2. Оценка качества обслуживания помогает компаниям предоставлять лучший сервис по сравнению с конкурентами.

3. Хорошее обслуживание способствует удовлетворенности пассажиров и, как следствие, повышает вероятность их возвращения к данной авиакомпании в следующий раз.

4. Положительные отзывы о качестве обслуживания помогают привлечь новых клиентов. Рекомендации пассажиров часто оказывают большое влияние на решение других людей выбрать данную авиакомпанию.

5. Улучшение качества обслуживания помогает снизить издержки, так как повышение эффективности и улучшение процессов ведет к уменьшению проблем и соответствующих компенсаций, связанных с плохим обслуживанием.

Известен ряд методов оценки качества обслуживания авиапассажиров:

– анкеты и опросы: авиакомпании часто используют анкеты и опросы для получения обратной связи от пассажиров. Это может быть как бумажный опросник после полета, так и онлайн-опрос, отправленный по электронной почте или доступный через портал компании;

– мониторинг социальных сетей: отзывы и комментарии пассажиров в различных социальных сетях могут дать представление о том, как пассажиры воспринимают обслуживание авиакомпании;

– фокус-группы: организация фокус-групп, в ходе которых группа пассажиров обсуждает свои впечатления от обслуживания, может предоставить более глубокое понимание их потребностей и ожиданий;

– тайный пассажир: некоторые авиакомпании используют «тайных пассажиров», которые путешествуют под видом обычных пассажиров, но в реальности оценивают качество обслуживания, испытывая услуги без предварительного предупреждения;

– изучение данных и статистики: анализ данных о задержках рейсов, уровне удовлетворенности пассажиров, уровне жалоб и претен-

зий может быть полезным инструментом оценки качества обслуживания;

– сравнение с конкурентами: сравнение своих показателей с показателями конкурентов помогает авиакомпаниям понять, на какой позиции они находятся на рынке с точки зрения качества обслуживания.

Комбинация перечисленных методов позволяет авиакомпаниям получить более полное представление о том, как их услуги воспринимаются пассажирами и что можно улучшить. Известен ряд зарубежных и отечественных исследований качества обслуживания пассажиров с использованием различных методов [1–10]. Мы в нашем исследовании сконцентрируем внимание на *опросном методе* с помощью специальной анкеты, учитывающей как общие характеристики авиарейсов, так и характеристики пассажиров и их мнения о различных аспектах авиарейса.

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Используемый набор данных содержит результаты, полученные на основе анкеты-опросника, в которой отражено отношение пассажиров к различным аспектам рейса. Данные были обнародованы Тимоти Кляйном (Timothy J. Klein) на популярном портале Kaggle<sup>1</sup>. Целевой переменной является «satisfaction», принимающая два значения «neutral or dissatisfied» (нейтральная либо отрицательная оценка) и «satisfied» (положительная оценка). Оригинальные названия других переменных (пунктов анкеты), перевод на русский язык этих названий и расшифровка значений представлены в табл. 1.

Вся выборка данных разбита на две части – обучающий набор (train) и тестовый набор данных (test). В обучающий набор вошли результаты опроса 103904 пассажиров, в тестовый – 25976 пассажиров. Судя по описанию данных, авиакомпания, их предоставившая, пожелала остаться анонимной. Вместе с тем, эти данные привлекли внимание достаточно большого количества исследователей. Отчеты, связанные с построением модели, объясняющей удовлетворенность-неудовлетворенность пассажиров, приведены на соответствующих страницах Kaggle. Наиболее полный и детальный анализ был проведен в аналитической части исследования «Удовлетворенность авиа-



<sup>1</sup> Airline Passenger Satisfaction. [Электронный ресурс]: <https://www.kaggle.com/datasets/teejmahal20/airline-passenger-satisfaction>. Доступ 07.01.2024.

**Таблица 1**

**Пункты анкеты-опросника  
об удовлетворенности пассажиров  
различными аспектами авиарейса  
[составлено авторами  
по Airline Passenger Satisfaction<sup>1</sup>]**

№	Оригинальное название пункта	Описание пункта на русском языке и расшифровка значений
1	Gender	Пол: мужской или женский
2	Customer Type	Тип клиента: постоянный или непостоянный клиент авиакомпании
3	Age	Возраст: фактический возраст пассажира
4	Type of Travel	Тип путешествия: личная или деловая поездка
5	Class	Класс: бизнес, эконом, эконом плюс
6	Flight Distance	Полетное расстояние
7	Inflight wifi service	Оценка Wi-Fi связи на борту (0: нет оценки; 1–5)
8	Departure/ Arrival time convenient	Оценка времени отправления/ прибытия (0: нет оценки; 1–5)
9	Ease of Online booking	Оценка онлайн-бронирования (0: нет оценки; 1–5)
10	Gate location	Оценка расположения выходов на посадку (0: нет оценки; 1–5)
11	Food and drink	Оценка питания на борту (0: нет оценки; 1–5)
12	Online boarding	Оценка услуги по выписыванию посадочного талона онлайн (0: нет оценки; 1–5)
13	Seat comfort	Оценка комфорта кресел в салоне (0: нет оценки; 1–5)
14	Inflight entertainment	Оценка развлечений на борту (0: нет оценки; 1–5)
15	On-board service	Оценка обслуживания на борту (0: нет оценки; 1–5)
16	Leg room service	Дополнительное удобство для ног (0: не оценивалось; 1–5)
17	Baggage handling	Оценка обработки багажа (0: нет оценки; 1–5)
18	Checking service	Оценка службы регистрации (0: нет оценки; 1–5)
19	Inflight service	Оценка обслуживания на борту во время полета (0: нет оценки; 1–5)
20	Cleanliness	Оценка чистоты на борту (0: не оценивалось; 1–5)
21	Departure Delay in Minutes	Задержка отправления в минутах
22	Arrival Delay in Minutes	Задержка прибытия в минутах

пассажиров» (часть 1) [Airline Passenger Satisfaction (Part 1)]<sup>2</sup>. Результаты этого анализа мы обсудим ниже и дополним полученные результаты данными нашего исследования.

## ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА

В аналитической части исследования [Airline Passenger Satisfaction (Part 1)]<sup>2</sup> для анализа использовалась пакет Scikit-learn – один из наиболее широко используемых пакетов Python для Data Science [науки о данных] и Machine Learning [машинного обучения]. Применялся набор стандартных процедур статистического одномерного и корреляционного анализа, а также ряд алгоритмов машинного обучения: метод ближайшего соседа (kNN), машина опорных векторов (SVM), алгоритм AdaBoost, деревья и лес решений (DT и Random Forest). Сделаны следующие выводы:

- для метода kNN (при  $k = 10$ ) ошибка на обучающей выборке составила 5,2 %, а на тестовой выборке – 6,5 %;
- для «машины опорных векторов» ошибка как на обучающем, так и на тестовом наборах составила 5 %;
- для классификаторов «случайный лес» ошибка на обучающем наборе не наблюдалась, а на тестовом наборе она составила 3,9 %;
- для алгоритма AdaBoost ошибка на обучающем наборе составила 7 %, а на тестовом наборе – 7,2 %;
- для «деревьев решений с градиентным усилением» ошибка на обучающей и тестовой выборках составляла 5,5 % и 5,6 % соответственно.

Наилучший результат показал классификатор «случайный лес» (погрешность на тестовой выборке – 3,9 %).

В дополнение к проведенному анализу во второй части исследования<sup>3</sup> была натренирована нейросеть, продемонстрировавшая ошибку на тестовом наборе данных в 3,7 % (обучение нейросети заняло почти семь часов).

По поводу приведенного выше анализа сделаем несколько уточнений и замечаний.

Во-первых, в цитируемом источнике Airline passenger satisfaction (Part 2)<sup>3</sup> исследователь

<sup>2</sup> Airline Passenger Satisfaction (Part 1) [Электронный ресурс]: <https://www.kaggle.com/code/frixinglife/airline-passenger-satisfaction-part-1/notebook>. Доступ 07.01.2024.

<sup>3</sup> Airline Passenger Satisfaction. (Part 2). [Электронный ресурс]: <https://www.kaggle.com/code/frixinglife/airline-passenger-satisfaction-part-2>. Доступ 07.01.2024.

тестовую выборку сделал из обучающей (файл *train.csv*), использовав 90 % на обучение и 10 % на тест. Это, на наш взгляд, не имеет принципиального значения, так как объем данных в целом достаточно велик для получения устойчивых моделей.

Во-вторых, в исходных данных присутствовали пропуски, кодируемые как цифра «0», и здесь исследователь заполнял пропуски медианными значениями признаков. На наш взгляд, к заполнению пропусков в данных нужно относиться очень осторожно. Это может быть полезно только в случае малых выборок, да и то при условии достаточно простых структур данных, имеющих однодомовые плотности распределения значений.

В-третьих, и это самое главное, в приведенном исследовании (как, впрочем, и в ряде других, опубликованных на портале Kaggle) сделан, на наш взгляд, неверный акцент в самой постановке задачи. Здесь делаются попытки построить как можно более точную модель, связывающую характеристики рейсов, пассажиров и их оценок частных характеристик обслуживания, но отсутствует основная цель – максимально точно выяснить причины, по которым пассажиры бывают недовольны услугами авиакомпании.

Мы попытались восполнить указанный пробел, повторив, с одной стороны, анализ данных с применением другой библиотеки программ машинного обучения. С другой стороны, мы дополняем результаты нашего исследования высокоточными паттернами, характерными для группы недовольных и нейтральных авиапассажиров, которые выявляются с помощью нашей инновационной технологии SRMD (Structural Resonance in Multidimensional Data) [11], развиваемой компанией Дип Паттернс<sup>4</sup>.

В нашем исследовании мы использовали популярные алгоритмы, входящие в состав свободного программного обеспечения для анализа данных и машинного обучения, университета Вайкато (Новая Зеландия) WEKA, распространяемого по лицензии GNU GPL [12]:

- наивный байесовский классификатор;
- многослойный перцептрон, использующий алгоритм обратного распространения ошибок;
- метод ближайших соседей (KNN);

<sup>4</sup> <https://deeppatterns.com>.

- деревья решений;
- случайный лес;
- логистическая регрессия;
- алгоритм аддитивного бустинга (AdaBoost);
- машина опорных векторов (SVM).

При использовании указанных методов в основном применялись параметры, заданные по умолчанию в пакете WEKA. Вместе с тем, следует сделать некоторые уточнения. В качестве одной из возможных реализаций алгоритма машины опорных векторов применялся алгоритм SMO (Sequential Minimal Optimization), описанный в [13]. При этом использовалось линейное ядро. В многослойном перцептроне количество слоев определялось по формуле (количество переменных + число классов) / 2, таким образом число слоев составляло 12. Еще отметим, что при построении деревьев решений использовался алгоритм J48, который является аналогом на Java известного алгоритма C4.5 [14]. В алгоритме AdaBoost в качестве классификаторов используются деревья решений, построенные J48. Примеры использования данных алгоритмов в транспортной отрасли рассматривались нами ранее в статьях [15; 16].

В табл. 2 приведены результаты применения упомянутых методов для построения модели предсказания значений целевой переменной «*Satisfaction*». Кроме ошибок моделей, вычисленных на тестовой выборке (*test.csv*), в таблице приведено время, затрачиваемое на создание и на применение модели.

В целом полученные результаты во многом схожи с результатами, полученными в *Airline Passenger Satisfaction (Part 1)*<sup>2</sup>. В то же время отметим большое (почти четырехкратное) отличие точности «наивного байесовского классификатора» от максимальной точности, достигнутой применением метода «случайный лес». Подобный феномен характерен для неоднородных структур данных, которые невозможно адекватно описать общей моделью в простой (например, линейной) интерпретируемой форме. Вместе с тем, более сложные модели дают высокую точность, но плохо интерпретируются, если вообще поддаются интерпретации. Например, «дерево решений», построенное с помощью алгоритма J48, в нашем случае имеет 1378 листьев, что создает проблемы для формирования целостного восприятия и понимания выявляемых в данных взаимосвязей.





**Таблица 2**  
**Сводная таблица результатов построения**  
**модели различными методами**  
**машинного обучения**  
**[выполнено авторами]**

Метод	Ошибка модели в %	Время на создание модели, с	Время на применение модели, с
Наивный Байес	15,48	0,48	0,43
Логист. регрессия	12,85	2,68	0,19
SMO	12,64	1937,76	0,27
KNN (10-NN)	7,42	0,07	249,75
Многосл. перцептрон	4,35	218,33	0,24
Деревья решений J48	4,24	11,44	0,19
AdaBoost (J48)	4,12	128,02	0,32
Случайный лес	3,78	47,85	2,06

Для метода структурного резонанса в многомерных данных SRMD, который мы применили на следующем этапе анализа, характерно то, что он нацелен на поиск в данных логических правил «if–then», имеющих при заданной точности (accuracy) максимальную полноту покрытия (recall) объектов собственного класса. Этим свойством SRMD обеспечивается хорошая интерпретируемость результатов

анализа данных. Кроме того, заметим, что SRMD не нуждается в каком-либо искусственном заполнении пропусков в таблице данных – пропуски просто не обрабатываются.

В табл. 3 приведены некоторые высокоточные логические правила, обнаруженные в экспериментальных данных опросника об удовлетворенности пассажиров услугами авиакомпаний.

Приведенными в табл. 3 правилами с высокой точностью (ошибка в совокупности составляет 1,9 %) покрывается 82 % авиапассажиров, которые дали отрицательную либо нейтральную оценку авиакомпании. При этом из них большинство (57 %) составляет группа людей, совершающих личное (неделовое) путешествие. И, в свою очередь, практически все из этих 82 % высказывают недовольство из-за низкого качества Wi-Fi связи на борту самолета. По-видимому, авиакомпания, проводившая опрос, может довольно существенно повысить удовлетворенность пассажиров, увеличив качество этой услуги в салоне самолета. Кроме того, очевидный (исходя из данных табл. 3) ресурс повышения качества обслуживания кроется в совершенствовании процедур онлайн бронирования и регистрации пассажиров.

**Таблица 3**  
**Высокоточные логические правила, обнаруженные в данных**  
**анкеты-опросника авиапассажиров [выполнено авторами]**

№	Правило	Полнота	Точность
1	Если (не бизнес класс) И (Оценка Wi-Fi связи на борту) $\leq 3$ И (Оценка онлайн-бронирования) $\leq 4$ И (Оценка услуги по выписыванию посадочного талона онлайн) $\leq 3$ То (Общая оценка нейтральная либо отрицательная)	0,538	0,986
2	Если (не бизнес класс) И (Оценка Wi-Fi связи на борту) $\leq 3$ И (Оценка онлайн-бронирования) $\leq 3$ И (Оценка обслуживания на борту во время полета) $> 2$ То (Общая оценка нейтральная либо отрицательная)	0,467	0,99
3	Если (личное путешествие) И (Оценка Wi-Fi связи на борту) $\leq 3$ То (Общая оценка нейтральная либо отрицательная)	0,431	1
4	Если (личное путешествие) И (Оценка онлайн-бронирования) $\leq 3$ То (Общая оценка нейтральная либо отрицательная)	0,402	0,992
5	Если (личное путешествие) И (Оценка Wi-Fi связи на борту) $\leq 4$ И (Оценка онлайн-бронирования) $\leq 4$ И (Оценка услуги по выписыванию посадочного талона онлайн) $\leq 3$ И (Оценка дополнительного удобства для ног) $> 0$ То (Общая оценка нейтральная либо отрицательная)	0,357	0,989
6	Если (Оценка Wi-Fi связи на борту) $\leq 2$ И (Оценка расположения выходов на посадку) $> 2$ То (Общая оценка нейтральная либо отрицательная)	0,357	0,987
7	Если (возраст) $\leq 35$ И (не бизнес класс) И (Оценка Wi-Fi связи на борту) $\leq 3$ То (Общая оценка нейтральная либо отрицательная)	0,315	0,994
8	Если (Оценка Wi-Fi связи на борту) $\leq 3$ И (оценка задержки отправления/прибытия) $> 3$ И (Оценка онлайн-бронирования) $\leq 3$ И (Оценка обслуживания на борту во время полета) $> 2$ То (Общая оценка нейтральная либо отрицательная)	0,267	0,991
9	Если (Оценка Wi-Fi связи на борту) $\leq 2$ И (Оценка онлайн-бронирования) $\leq 2$ И (Оценка расположения выходов на посадку) $> 2$ То (Общая оценка нейтральная либо отрицательная)	0,263	0,996

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Методы машинного обучения позволяют получать модели, связывающие общие характеристики авиарейсов, характеристики пассажиров и их оценки различных частных услуг с общей удовлетворенностью пассажиров авиарейсом.

2. Наилучшие по точности модели были построены с помощью алгоритмов «случайный лес» (погрешность на тестовой выборке – 3,9 %) и нейросетевого подхода (погрешность на тестовой выборке – 3,7 %). Вместе с тем, указанные алгоритмы не позволяют явным образом выделить факторы, характерные для пассажиров, которые либо отрицательно, либо нейтрально оценивают услуги авиакомпании в целом.

3. Точные логические правила, обладающие достаточной высокой полнотой – паттерны пассажиров, которые либо отрицательно, либо нейтрально оценивают услуги авиакомпании в целом – удалось выявить в данных с помощью алгоритма на основе метода «структурного резонанса» в многомерных данных SRMD.

4. В рассмотренном случае из выявленных паттернов следует частный вывод, что авиакомпания может существенно повысить удовлетворенность пассажиров, увеличив качество услуги Wi-Fi в салоне самолета. Кроме того, значительный ресурс повышения качества обслуживания авиапассажиров кроется в совершенствовании процедур онлайн бронирования и регистрации.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Dike, S. E., Davis, Z., Abrahams, A., Anjomshoae, A., Ractham, P. Evaluation of passengers' expectations and satisfaction in the airline industry: an empirical performance analysis of online reviews. *Benchmarking: An International Journal*, 2024, Vol. 31, Iss. 2, pp. 611–639. DOI: 10.1108/BIJ-09-2021-0563.

2. Fodness, D., Murray, B. Passengers' expectations of airport service quality. *Journal of Services Marketing*, 2007, Vol. 21, Iss. 7, pp. 492–506. DOI: 10.1108/08876040710824852.

3. Ban, H.-J., Kim, H.-S. Understanding Customer Experience and Satisfaction through Airline Passengers' Online Review. *Sustainability*, 2019, Vol. 11 (15), pp. 1–17. DOI: 10.3390/su11154066.

4. Awadh, M. Assessing the Quality of Sustainable Airline Services Utilizing the Multicriteria Decision-Making

Approach. *Sustainability*, 2023, Vol. 15 (9), pp. 1–19. DOI: 10.3390/su15097044.

5. Namukasa, J. The influence of airline service quality on passenger satisfaction and loyalty: the case of Uganda airline industry. *The TQM Journal*, 2013, Vol. 25, Iss. 5, pp. 520–532. DOI: 10.1108/TQM-11-2012-0092.

6. Tahanisaz, S., Shokuhyan, S. Evaluation of passenger satisfaction with service quality: A consecutive method applied to the airline industry. *Journal of Air Transport Management*, 2020, Vol. 83, pp. 101764. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2020.101764.

7. Tsaur, S.-H., Chang, T.-Y., Yen, C.-H. The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM. *Tourism Management*, 2002, Vol. 23 (2), pp. 107–115. DOI: 10.1016/S0261-5177(01)00050-4.

8. Айриев Р. С., Кудряшов М. А. Показатели качества транспортного обслуживания населения // Мир транспорта. – 2018. – Том 16. – № 4 (77). – С. 140–149. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2018-16-4-11>.

9. Матанцева О. Ю., Аредова А. К., Щеголева И. В. Исследование влияния факторов на качество обслуживания пассажиров и эффективность использования подвижного состава // Мир транспорта. – 2022. – Том 20. – № 4 (101). – С. 98–104. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-4-8>.

10. Соколов Ю. И. Клиенты сами оценивают качество их обслуживания // Мир транспорта. – 2015. – Том 13. – № 4 (59). – С. 100–109. [Электронный ресурс]: <https://mirtr.ru/jour/article/view/490/761>. Доступ 07.01.2024.

11. Дюк В. А. Логические методы машинного обучения (инструментальные средства и практические примеры). – СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений. – 2020. – 248 с. ISBN 978-5-91155-087-5.

12. Frank, E., Hall, M. A., Witten, I. H. The WEKA Workbench. Online Appendix for «Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques», Morgan Kaufmann, Fourth Edition, 2016. [Электронный ресурс]: [https://www.scirp.org/reference/referencespapers?reference\\_id=2477648](https://www.scirp.org/reference/referencespapers?reference_id=2477648). Доступ 07.01.2024.

13. Platt, C. Sequential Minimal Optimization: A Fast Algorithm for Training Support Vector Machines. In: *Advances in Kernel Methods – Support Vector Learning*. Ed. by B. Schölkopf and C. J. C. Burges and A. J. Smola. Cambridge, MA, MIT Press, 1999, pp. 185–208. [Электронный ресурс]: [https://www.researchgate.net/publication/2624239\\_Sequential\\_Minimal\\_Optimization\\_A\\_Fast\\_Algorithm\\_for\\_Training\\_Support\\_Vector\\_Machines](https://www.researchgate.net/publication/2624239_Sequential_Minimal_Optimization_A_Fast_Algorithm_for_Training_Support_Vector_Machines). Доступ 07.01.2024.

14. Quinlan, J. R. *C4.5 Programs for Machine Learning*, San Mateo, CA, Morgan Kaufmann, 1992, 302 p. ISBN 978-1558602380.

15. Дюк В. А., Малыгин И. Г. Сравнение алгоритмов распознавания типов транспортных средств по параметрам их силуэтов // Морские интеллектуальные технологии. – 2018. – Т. 4. – № 4 (42). – С. 197–201. EDN: YXSDNR.

16. Дюк В. А., Малыгин И. Г. Сравнительное исследование алгоритмов машинного обучения в задаче прогнозирования динамики велошеринга // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2023. – № 6. – С. 40–45. EDN: BVMMSV. ●

### Информация об авторах:

**Дюк Вячеслав Анатольевич** – доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем Института проблем транспорта им. Н. С. Соловенко Российской академии наук (ИПТ РАН), Санкт-Петербург, Россия, [v\\_duke@mail.ru](mailto:v_duke@mail.ru).

**Малыгин Игорь Геннадьевич** – доктор технических наук, профессор, директор Института проблем транспорта им. Н. С. Соловенко Российской академии наук (ИПТ РАН), Санкт-Петербург, Россия, [malygin\\_com@mail.ru](mailto:malygin_com@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 01.02.2024, одобрена после рецензирования 28.02.2024, принята к публикации 15.03.2024.

• Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 44–49

Дюк В. А., Малыгин И. Г. Исследование качества обслуживания клиентов авиакомпаний методами машинного обучения





# Правовой режим транспортных экосистем, основанных на принципах функционирования искусственного интеллекта



Наталья БОНДАРЕНКО



Юрий КОНАНЕВИЧ



Александр ЗЕМЛИН

Наталья Леонидовна Бондаренко<sup>1</sup>, Юрий Григорьевич Конаневич<sup>2</sup>, Александр Игоревич Землин<sup>3</sup>

<sup>1, 2</sup>Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.

<sup>3</sup>Российский государственный социальный университет, Российской университет транспорта, Российская академия наук, Москва, Россия.

✉ <sup>3</sup>zemlin.aldr@yandex.ru

## АННОТАЦИЯ

Функционирование транспорта и всей необходимой для него инфраструктуры порождает феномен транспортной экосистемы. Природа транспортных и иных возникающих в рамках транспортной экосистемы правоотношений в значительной мере обусловлена процессом технологического развития общества.

Цель исследования: на основе достижений правовой герменевтики, применения системно-правового анализа проанализировать правовой режим транспортных экосистем, основанных на принципах функционирования искусственного интеллекта. На основе применения методов сравнительно-правового и формально-догматического анализа получены научные результаты в сфере транс-

портно-правовой науки. В частности, осуществлено научное обоснование гипотезы о том, что имплементация высокотехнологичного элемента в виде искусственного интеллекта влечет кардинальные изменения в методологической основе функционирования транспортных экосистем, трансформирует концепт управленческого воздействия на происходящие в них процессы и влечет изменение природы и содержания правового регулирования транспортных и смежных им общественных отношений. Полученные выводы направлены на формирование нового научно обоснованного представления о правовом режиме транспортных экосистем, основанных на принципах функционирования искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** транспортное право, хозяйственная деятельность, хозяйственная экосистема, транспортная экосистема, искусственный интеллект.

**Для цитирования:** Бондаренко Н. Л., Конаневич Ю. Г., Землин А. И. Правовой режим транспортных экосистем, основанных на принципах функционирования искусственного интеллекта // Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 50–57. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-7>.

**Полный текст статьи в переводе на английский язык публикуется во второй части данного выпуска.**  
**English translation of the full text of the article is published in the second part of the issue.**

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время транспортная система имеет сущностное значение для обеспечения жизнедеятельности общества и национальной безопасности страны, а управление в области транспорта является важнейшей функцией государства [1], требующей применения комплекса методов правового регулирования, характерных для отраслей как публичного, так и частного права [2, С. 117; 3]. Различные виды транспорта образуют единую транспортную систему страны, нуждающуюся, как справедливо отмечается специалистами в области транспортного права, в упорядоченном, системном правовом регулировании [3, С. 8; 4]. При этом очевидно, что рассматривать транспорт в отрыве от обеспечивающей его инфраструктуры представляется методологически неверным, поскольку транспорт представляет собой «инструмент» осуществления перевозок и оказания транспортных услуг при использовании имеющихся в распоряжении у правообладателя транспорта соответствующих транспортных и сопутствующих им коммуникаций [5, С. 118].

Функционирование транспорта и всей необходимой для него инфраструктуры порождает феномен транспортной экосистемы, являющейся разновидностью хозяйственных экосистем инфраструктурного характера. Природа транспортных и иных правоотношений, возникающих в рамках транспортной экосистемы, в значительной мере обусловлена процессом технологического развития общества, что подтверждается результатами целого ряда исследований, в которых обосновывается, что появление и развитие новых технологий является вызовом праву [5, С. 5; 7, С. 128]. Инновационное развитие транспорта требует принятия системных мер, имеющих научно обоснованный характер, направленных на регулирование возникающих при этом противоречий между ранее действовавшими парадигмальными подходами к обеспечению функционирования транспортной системы и рисками, связанными с внедрением новых технологий [8, С. 116].

В рамках настоящей статьи предпринята попытка проанализировать правовой режим транспортных экосистем, основанных на принципах функционирования искусственного интеллекта.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении немногочисленных источников по проблематике хозяйственных экосистем может сложиться впечатление, что это нечто новое, своеобразное лишь нашей совре-

менности. Однако феномен хозяйственных экосистем не является изобретением современного общества. Аналогичные по своей природе системы хозяйствования известны человечеству с древних времен (наиболее известными из них являются «Великий шелковый путь» в древней Азии, системы водоснабжения древнеримских городов, Британская Ост-Индская компания и др.). Сформировавшаяся в СССР система потребительской кооперации и ее наследники на постсоветском пространстве являются ярким примером хозяйственной экосистемности. Основополагающим признаком каждого из названных вариантов хозяйственных экосистем являлась и является до сих пор совокупность коммуникаций и иных объектов, формирующих инфраструктуру.

Иными словами, исторически сложилось, что хозяйственная экосистема является сформировавшимся в силу факторов объективного характера симбиозом объектов прав различного характера и субъектов, использующих такие объекты на основе некой общепринятой методологии для производства актуальных для современной хозяйственной экосистемы общества и государства продуктов. При этом хозяйственная экосистема формируется и функционирует на основе той же совокупности принципов, что и биологические экосистемы, так как в основе самого факта их существования находится основополагающая идея, формирующая конструкцию экосистемы, – создание и функционирование совокупности путей сообщения, обеспечивающих быстрое и системное жизнеобеспечение всех без исключения резидентов экосистемы и следующих через нее объектов и субъектов.

Иными словами, *хозяйственная экосистема* – это всегда приобретающая публичный характер (причем не обусловленная формой собственности на средства производства, составляющая «единую платформу» хозяйственной экосистемы) совокупность путей сообщения, совмещенных с прочими коммуникациями, и обслуживающей ее инфраструктуры, обеспечивающей жизнедеятельность определенного малого или большого сообщества людей.

Сказанное позволяет сделать вывод, предопределяющий суть настоящего исследования: сам факт формирования региональной или единой общегосударственной транспортной системы означает формирование хозяйственной экосистемы (если быть точными, то такой ее разновидности как транспортная экосистема). Тот факт, что транспортная система всегда интегрирована в общегосударственную систему накопления, обслуживания, распределения



ния и перераспределения благ (то есть в коммунальное хозяйство, являющееся безусловным свойством и обязательным элементом конструкции любого государства), позволяет констатировать еще один факт: транспортная система и необходимая для ее функционирования инфраструктура (как хозяйственная экосистема) является ключевой и обязательно необходимой для формирования национального коммунального хозяйства как «большой хозяйственной (макроэкономической) экосистемы».

Известный экономист Джеймс Мур утверждал, преломляя идею биологических экосистем на систему «человеческого хозяйствования», что «как и ее биологический аналог, бизнес-экосистема постепенно переходит от случайного набора элементов к более структурированному сообществу»<sup>1</sup>. Данная идея фактически помогла идентифицировать природу такого объективно существующего социального института как хозяйствственные экосистемы, транслировав тем самым на человеческое общество получившую признание идею британского ботаника А. Тэнсли о взаимосвязанности, взаимозависимости и взаимодействии живых организмов в рамках определенной объективно сложившейся среды их обитания, придумавшего термин «экосистема»<sup>2</sup>.

Однако современное состояние доктрины хозяйственных экосистем содержит определенные недостатки: экономическая литература, прямо или косвенно затрагивающая проблематику хозяйственных экосистем, позволяет сделать вывод, что наиболее распространенным вариантом понимания хозяйственных экосистем в экономической науке является обусловленное волей предпринимателей (особенно подчеркиваем, что именно предпринимателей, а не субъектов хозяйственной деятельности в целом, что существенно сужает круг субъектов таких отношений) кластерное или сетевое развитие хозяйственных отношений, если и обусловленное аспектом инфраструктуры, то рассматриваемым лишь в качестве сопутствующего элемента функционирования хозяйственной экосистемы [9, С. 1499].

Иными словами, если руководствоваться догматами экономической науки, то хозяйственная экосистема – это результат исключительно обусловленного волей субъектов предпринимательской деятельности формирования

некой организационно-правовой конструкции сетевого или кластерного типа, сам факт существования которой связан не с формированием «комфортной» инфраструктуры для хозяйствования с самыми разнообразными целями, а вытекает из идеи увеличения продаж и соответственно прибыли [10]. Если сказанное приблизить к пониманию системы хозяйствования,циальному правовой или политологической наукам, то можно констатировать крайне зауженное понимание природы хозяйственных экосистем в экономической науке, поскольку оно сводится лишь к одному единственному варианту возникновения такой экосистемы – инициативному, предполагающему создание и функционирование такой хозяйственной общности в экономической группе лиц. И хотя в экономической литературе описываются самые разнообразные методологии функционирования хозяйственных экосистем (что свидетельствует об изученности различных типов, видов и форм хозяйственных экосистем), в обобщенном варианте все равно транслируется идея экономической группы лиц.

Поскольку внимание хозяйственным экосистемам до последнего времени уделяла лишь экономическая наука, проблема «формулировок» породила эффект ошибочного восприятия института хозяйственных экосистем в научном и практическом сообществах. В то же время отсутствие по данному вопросу позиции законодателя обусловлено объективными причинами: для государства до недавнего времени (до момента наступления так называемой «цифровой эпохи») все варианты внешнего воплощения хозяйственных экосистем имели и имеют две внешние формы выражения – инфраструктура государства или экономическая группа лиц.

Кардинальным образом восприятие хозяйственных экосистем в обществе и государстве изменилось лишь с возникновением такого феномена, как цифровые платформы управления хозяйственными экосистемами. Именно это способствовало зарождению такой новой разновидности хозяйственных экосистем, как «цифровые экосистемы». И хотя подобную квалификацию хозяйственной экосистемы мы считаем лишь условно корректной (отражающей скорее специфику вида хозяйственной деятельности, нежели природу и правовую конструкцию хозяйственной экосистемы), для целей настоящего исследования мы все же используем данный термин в тексте статьи для того, чтобы обозначить принципиально важный признак хозяйственной экосистемы, основным массивом инфраструктуры которой

<sup>1</sup> Что такое бизнес-экосистемы и зачем они нужны. [Электронный ресурс]: <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/6087e5899a7947ed35fdbbf3>. Доступ 21.12.2023.

<sup>2</sup> Экосистема. [Электронный ресурс]: <http://www.lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0134539: article>. Доступ 21.12.2023.

является инфраструктура общественной коммуникации – то есть сочетание информационной и финансовой инфраструктуры, позволяющей на принципиально новом уровне эффективности использовать два фактора производства – информацию и капитал. Квалиметрическая оценка понимания данного комплексного правового института сталкивается с «трудностями перевода». В этой связи в рамках настоящего исследования (учитывая формат научной статьи) мы идентифицируем хозяйствственные экосистемы, прежде всего, как правовую конструкцию, преимущественно оставив «за скобками» конструкцию организационную [11, С. 12].

С нашей точки зрения, обозначенной нами в целом ряде смежных исследований, под «хозяйственной экосистемой» мы предлагаем понимать *выраженный в физической или (и) цифровой форме элемент инфраструктуры государства, управляемый уполномоченным государством субъектом или правообладателем (–ями) на основе единобразной методологии осуществления публичной или частной хозяйственной деятельности, обеспечивающей реализацию публичного интереса, используемый для различных законных целей неограниченным кругом физических лиц и организаций.*

Подобное определение позволяет не только сформировать целостное доктринальное представление о природе и правовой конструкции хозяйственной экосистемы, но и выделить в их числе формально являющихся субъектами частного интереса правообладателей упомянутых ранее «цифровых экосистем» (например, таких как Microsoft, Apple, Samsung, Google, Telegram, Яндекс, ByteDance (правообладатель социальной сети «TikTok»), Сбербанк и др.). При этом не приходится ставить под сомнение тезис о том, что хозяйственная деятельность таких хозяйственных экосистем не только приобрела ярко выраженный публичный характер и стала способной оказывать влияние на состояние национальной экономики, социальной и политической сфер государства, но и все в большей степени становится хозяйственной деятельностью с элементами администрирования системы общественных отношений. С практической точки зрения, подобная идентификация позволяет государству формировать для целей национальной безопасности прозрачную картину правовой конструкции хозяйственной деятельности самых разнообразных хозяйственных экосистем, проводя четкую грань между экономической и политической составляющей такой хозяйственной деятельности.

Кроме того, определение правовой конструкции хозяйственной экосистемы на основе предлагаемой нами методологии дополнительно позволяет идентифицировать управляющего такой экосистемой субъекта или ее правообладателя в качестве субъекта пруденциальной монополии (являющейся одним из типов публичной монополии) [12, С. 78], что дает возможность государству применять в отношении таких субъектов легальные барьера, особый, преференциальный или репрессивный правовой режим осуществления хозяйственной деятельности, обеспечивающий защиту национальных интересов в рамках института национальной экономической безопасности и национальной безопасности в целом.

А с нашей точки зрения, *всю совокупность известных хозяйственных экосистем можно классифицировать следующим образом:*

*1. По критерию масштаба осуществляющей в рамках хозяйственной экосистемы хозяйственной деятельности:*

– общегосударственные (макроэкономические) хозяйственные экосистемы, коими всегда были и будут транспортная экосистема государства и коммунальное хозяйство, а также различные элементы инфраструктуры общественной коммуникации, представленной двумя сегментами – информационной и финансовой инфраструктурой (такие как ЕРИП в Республике Беларусь, Сбербанк в Российской Федерации; хозяйственные экосистемы, сформированные операторами мобильной связи и др.);

– отраслевые хозяйственные экосистемы, действующие в пределах условной организационной конструкции определенной отрасли национальной экономики, ее экономического комплекса или сектора (в качестве примеров можно привести Парк высоких технологий или инновационный центр «Сколково»);

– микроэкономические (микрохозяйственные) экосистемы, сформированные на основе частной инициативы, однако в силу технологических особенностей трансформировавшиеся в элемент национальной и (или) международной инфраструктуры (к их числу относятся хозяйственные экосистемы, основанные на использовании цифровых технологий).

*2. По критерию природы управляемой инфраструктуры:*

– хозяйственные экосистемы, сформированные на основе физической инфраструктуры;

– хозяйственные экосистемы, сформированные на основе цифровой инфраструктуры; при этом особенностью таких экосистем явля-





ется то, что они всегда образуют экономическую группу лиц, природа и правовая конструкция которых крайне нестандартна и сложна, в связи с чем требует проведения отдельного научного исследования.

### 3. По критерию конъюнктурности:

— универсальные хозяйствственные экосистемы (транспортная экосистема, коммунальное хозяйство; финансовая система государства);

— конъюнктурно обусловленные хозяйствственные экосистемы — экосистемы, актуальные для государства и общества в период востребованности предоставляемой ими технологической основы.

### 4. По критерию общности хозяйственного (экономического) интереса резидентов:

— хозяйствственные экосистемы, не являющиеся экономической группой лиц (классический пример — транспортная экосистема государства и коммунальное хозяйство государства);

— хозяйствственные экосистемы, являющиеся экономической группой лиц.

В числе названных вариаций хозяйственных экосистем существует всего одна экосистема «абсолютно универсального» характера, способная, ко всему прочему, «поглотить» смежные хозяйствственные экосистемы. Таковой является транспортная экосистема государства. И ее способность стать всеобъемлющей может воплотиться в реальность при одном фундаментальном условии — переходе на методологическую основу, сформированную на принципах функционирования искусственного интеллекта. В этом случае транспортная экосистема государства сможет приобрести еще одну уникальную и неповторимую особенность — она сможет одновременно стать хозяйственной экосистемой, не являющейся экономической группой лиц, и хозяйственной экосистемой — экономической группой лиц (причем данная особенность является одновременно парадоксом и закономерностью). Именно данная особенность транспортной экосистемы предопределяет, во-первых, специфику транспортных и транспортно-коммуникационных отношений, а во-вторых, специфику транспортного права (которое в условиях повсеместной имплементации искусственного интеллекта в систему общественных отношений в скором времени кардинальным образом изменит свои сущностные характеристики, трансформировавшись из инфраструктурной отрасли права в, по сути, своеобразное «промышленное право» (по причинам, описываемым далее)).

Функционирование транспорта и всей необходимой для него инфраструктуры порож-

дает феномен хозяйственной экосистемы, в которой:

1. Транспортная система и транспортная инфраструктура государства образуют в своей совокупности хозяйственную экосистему, объединяющую в своей правовой и организационной конструкции субъектов хозяйственной деятельности, в подавляющем большинстве не имеющих между собой никакой юридической связи, кроме принадлежности к отрасли экономики или экономическому комплексу.

2. В отсутствие в правовой и организационной конструкции «единой цифровой платформы» транспортная система и транспортная инфраструктура государства неразрывно связаны между собою, но все же функционируют самостоятельно друг от друга.

3. Имплементация в транспортную систему и транспортную инфраструктуру искусственного интеллекта, обладающего признаком «единой цифровой платформы» и наделенного функцией управления процессом перевозки, автоматически влечет устранение границ между условной «перевозкой» и условной «инфраструктурой перевозок», превращая все «транспортно-логистическое» в единый хозяйственный организм.

4. Имплементация в транспортную систему и транспортную инфраструктуру искусственного интеллекта, обладающего признаком «единой цифровой платформы» и наделенного функцией управления процессом перевозки, автоматически влечет не только стирание границ между инфраструктурой «транспортного характера», но и фактически превращает всю инфраструктуру государства в «единую транспортную инфраструктуру».

5. Трансформация всей инфраструктуры государства в «единую транспортную инфраструктуру» за счет имплементации в процессе функционирования высокотехнологичного элемента в виде искусственного интеллекта влечет кардинальные изменения в методологическую основу производства товаров и их сбыта на товарных рынках, поскольку любые производственные мощности будут автоматически вынуждены не просто интегрироваться в «единую транспортную инфраструктуру», а превращаться всего лишь в элемент такой «инфраструктуры — монстра».

Еще на стадии «проектирования» транспортной экосистемы, основанной на принципах функционирования искусственного интеллекта, главным средством производства благ в которой будет выступать беспилотное транспортное средство или транспортное средство, максимально автономно функционирующее от лица, способного управлять им, следует оце-

нивать квалиметрические характеристики прав с учетом следующих факторов:

1. Поскольку транспортная экосистема (как хозяйственная экосистема макро- или мезоуровня) превращается в систему, функционирующую на принципах организационного единства (что обусловлено необходимостью централизованного и единообразного управления ею из единого центра, продиктованной соображениями национальной безопасности), необходимо пересмотреть подходы к определению природы субъектов хозяйственной деятельности, не способных по своей природе быть организациями. Ведь будущая транспортная экосистема обсуждаемого формата не будет формализована в юридическое лицо или в организацию без статуса юридического лица. Это будет экономическая группа лиц, не являющаяся организацией, однако функционирующая на основе принципа организационного единства, управляемая из единого центра на основе единого алгоритма, но одновременно многими составляющими такую экономическую группу лиц субъектами хозяйственной деятельности.

Такое положение дел превращает характеризуемую экономическую группу лиц в легальную монополию на товарном рынке, природа которой на данный момент не определена (поскольку она в большей мере будет тяготеть к государственной монополии – и, полагаем, что именно подобному подходу следует придать приоритет – но явно не подпадает под критерии естественной монополии). Причем легальную монополию, внутри которой и осуществляется конкуренция. Более того, это конкуренция особого рода: товарным рынком в рамках такой легальной монополии будет выступать «рынок прав на управление товарным рынком перевозок». А это предполагает коренную трансформацию природы легальных барьеров, антимонопольного, кондиционного, инфраструктурного и даже промышленного регулирования.

2. Транспортная экосистема, основанная на принципах функционирования искусственного интеллекта, порождает еще один феномен: коммунальное хозяйство в целом, объекты промышленного назначения и объекты сферы услуг как бы «утрачивают свою самостоятельность». То есть, если ранее такие объекты функционировали сами по себе, а транспорт и его инфраструктура – сами по себе, то с момента формирования полноценной транспортной экосистемы, основанной на принципах функционирования искусственного интеллекта, коммунальное хозяйство, объекты промышленного назначения и объ-

екты сферы услуг превращаются в элемент транспортной экосистемы, функционирование которого (объекта) должно соответствовать требованиям транспортной инфраструктуры, а не наоборот (как это имеет место сейчас).

Соответственно, фактически все законодательство, регулирующее не только хозяйственную деятельность, но и порядок осуществления административных процедур, и даже брачно-семейное законодательство будет подлежать корректировке, ибо с момента формирования полноценной транспортной экосистемы, основанной на принципах функционирования искусственного интеллекта, транспорт и его инфраструктура будут находиться уже не на улице, а фактически в квартире, а квартира превратится всего лишь в элемент транспортной экосистемы.

3. Транспортная экосистема, основанная на принципах функционирования искусственного интеллекта, порождает еще один, куда более фундаментальный, сложно осознаваемый и опасный феномен: наряду с «правом человеческим» возникает необходимость разработки и принятия «машинного / технологического права» – то есть совокупности правил поведения «большого носителя» искусственного интеллекта и отдельной машины – носителя искусственного интеллекта в рамках ежеминутного процесса управления транспортной экосистемой. Ведь «простыми» техническими алгоритмами, «навязанными» машинам человеком, обойтись в таком случае не получится, поскольку дорога – это постоянное движение в пространстве и среди обстоятельств.

Соответственно, в случае возникновения рисков и угроз различного характера искусственный интеллект должен будет произвести их оценку и найти правомерный выход из сложившейся ситуации. Примеров, когда это будет необходимо, можно придумать огромное множество. Так, если на пути беспилотного транспортного средства, находящегося в движении одновременно со множеством других беспилотных транспортных средств самого различного характера (начиная от беспилотного дрона, выполняющего функцию курьера-доставщика пиццы, и заканчивая беспилотным левитирующим в воздушном пространстве поездом (что также вполне возможно станет реальностью в относительно скором будущем)), возникнет препятствие в виде человека, которому по общему правилу машина навредить не может, то машина безусловно будет вынуждена остановиться. Но что если такая остановка может повлечь катастрофические последствия техногенного характера, которые





невозможно предотвратить, если данное конкретное беспилотное транспортное средство безальтернативно остановится?! Что если необходимым и неизбежным условием устранения такой общественной опасности будет являться движение беспилотного транспортного средства вперед и причинения вреда человеку?! Значит в «простой алгоритм» функционирования искусственного интеллекта необходимо добавлять вполне себе правовую конструкцию крайней необходимости, обоснованного риска и даже «ошибки в наличии обстоятельств, исключающих «преступность» деяния носителя искусственного интеллекта».

Либо второй пример: оказавшийся на пути беспилотного транспортного средства человек – террорист или наемный убийца, угрожающий жизни и здоровью пассажиров такого транспортного средства. Соблюдая «простой алгоритм» функционирования носителя искусственного интеллекта, беспилотное транспортное средство должно будет остановиться и мирно дожидаться, пока злодей доведет свой умысел до конца и не покинет траекторию движения нашего транспортного средства. А может быть транспортное средство не просто может, а должно обеспечить защиту своим пассажирам в такой ситуации, причинив при этом вред жизни и здоровью встретившегося на его пути террориста или наемного убийцы?! Если ответ утвердительный, то тогда в «простой алгоритм» функционирования искусственного интеллекта необходимо добавлять вполне себе правовую конструкцию необходимой обороны или даже действий по предотвращению общественно опасных последствий.

Третий пример: беспилотное транспортное средство должно быть лишь безучастным свидетелем правонарушений любого рода, либо оно должно активно участвовать в охране общественного порядка, обеспечении национальной безопасности (к примеру, в контртеррористической деятельности). Если ему придается активная позиция, то это означает кардинальную ломку всей системы правоохранительной деятельности, предполагающую включение в соответствующее законодательство еще одного блока / уровня правовых норм – «машинного / технологического права (робото-права)».

При этом под «машинным / технологическим правом (робото-правом)» мы понимаем не непонятный для простого обывателя цифровой алгоритм, заложенный в процессор носителя искусственного интеллекта, а совокупность правил взаимного «правомерного» поведения человека и окружающих его машин, а также аналогичного взаимного «правомер-

ного» поведения машин между собою. Возникновение такой совокупности правовых норм нового формата повлечет не только необходимость пересматривать конструкцию системы права и нормотворческого процесса, но и принимать решение об определении правового режима, а возможно даже и правового положения носителя искусственного интеллекта.

С нашей точки зрения, человечество будет вынуждено признать наиболее совершенных носителей искусственного интеллекта субъективированными объектами прав. Кроме того, таким субъективированным объектам прав понадобится «персонификация». Полагаем, что инструментом такой персонификации может стать институт объектов публичной идентификации (являющийся новым типом объектов интеллектуальной собственности), предлагаемый научной школой хозяйственного права Белорусского государственного университета [12, С. 79; 13, С. 232].

Институционализация предлагаемого нами концепта персонификации носителей искусственного интеллекта в будущем позволит решить сразу несколько проблем концептуального характера:

– установить технологическую ответственность в качестве специфической разновидности юридической ответственности для носителей искусственного интеллекта (у нас не вызывает сомнения возникновение необходимости институционализации такой ответственности);

– выработать «формулу» распределения юридической и экономической (хозяйственной) ответственности между собственником средств производства в рамках транспортной экосистемы, основанной на принципах функционирования искусственного интеллекта, правообладателем прочих прав на такие средства (которые, как основательно отмечается, в будущем получат широкое распространение [14, С. 55]), инвесторами, иными заинтересованными субъектами, а также носителями искусственного интеллекта, управляющими «ядром» единой цифровой платформы управления транспортной экосистемой будущего.

4. Еще одним, не менее «глобальным» феноменом, порождаемым транспортной экосистемой, основанной на принципах функционирования искусственного интеллекта, является кардинальная ломка отношений собственности.

С нашей точки зрения, в таких условиях инвесторы утратят интерес к получению именно права собственности на объекты транспортной и сопутствующей ей инфраструктуры, а также на эксплуатируемые с ее использованием беспилотные транспортные средства. Скорее всего, что и физические лица либо

утратят сами интерес к обладанию на праве собственности такими транспортными средствами, либо государство установит запрет на подобное владение. Это будет означать обусловленную объективными факторами (большинство из которых – вынужденного характера) необходимость фактического огосударствления средств производства в рамках транспортной экосистемы, основанной на принципах функционирования искусственного интеллекта, и «изобретения» такого инновационного имущественного права на средства производства в рамках транспортной экосистемы будущего, которое будет сочетать в себе все положительные стороны всех типов имущественных прав (вещных, исключительных и обязательственных).

5. Завершающим феноменом, который будет непременно порожден не только формированием транспортной экосистемы, основанной на принципах функционирования искусственного интеллекта, но и имплементацией таких технологий в общественную жизнь, является возникновение неведомого ранее субъекта публичного интереса – совокупности (своего рода общества) носителей искусственного интеллекта, признанных субъектированными объектами прав и наделенными объектом публичной идентификации.

Как это ни фантастически и неправдоподобно звучит сейчас, но вполне возможно, что очень скоро могут возникнуть «профсоюзы работников искусственно-интеллектуального труда». А это значит, что уже сейчас нам необходимо говорить о совершенно новом формате качества в праве и качества самого права [13].

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Землин А. И. Проблемные вопросы правового регулирования отношений, связанных с использованием высокоматематизированных транспортных средств // Журнал российского права. – 2022. – Т. 26. – № 12. – С. 58–69. DOI: 10.12737/jrl.2022.128.

2. Землин А. И., Матвеева М. А., Гоц Е. В., Торшин А. А. Проблемные вопросы правового регулирования использования автомобилей с автоматизированной системой вождения // Мир транспорта. – 2022. – Т. 20. – № 4 (101). – С. 117–122. DOI: 10.30932/1992-3252-2022-20-4-11.

3. Синицын С. А. Гражданское право в современных социально-экономических условиях // Журнал российского права. – 2021. – Т. 25. – № 1. – С. 8–15. EDN: LTJBRQ.

4. Синицын С. А. Российское и зарубежное гражданское право в условиях роботизации и цифровизации. Опыт междисциплинарного и отраслевого исследования: Монография. – М.: Инфотропик Медиа, 2021. – 212 с. ISBN: 978-5-9998-0371-9.

5. Чуаев А. И., Маликов С. В. Ответственность за причинение ущерба высокоматематизированным транспортам: состояние и перспективы // Актуальные проблемы российского права. – 2019. – № 6 (103). – С. 117–124. DOI: <https://doi.org/10.17803/1994-1471.2019.103.6.117-124>.

6. Хабриева Т. Я. Право перед вызовами цифровой реальности // Журнал российского права. – 2018. – № 9 (261). – С. 5–16. EDN: OZGIAV.

7. Землин А. И., Матвеева М. А. Правовое обеспечение внедрения и использования беспилотных автомобилей: опыт, проблемы и направления их решения // Государство и право. – 2023. – № 12. – С. 121–130. DOI: 10.31857/S102694520029378-6.

8. Землин А. И., Матвеева М. А., Гоц Е. В. Управление рисками безопасного использования высокоматематизированных транспортных средств в мегаполисе: системно-правовой анализ // Мир транспорта. – 2023. – Т. 21. – № 3 (106). – С. 115–122. DOI: 10.30932/1992-3252-2023-21-3-11.

9. Овчинникова А. В., Зимин С. Д. Рождение концепции предпринимательских экосистем и ее эволюция // Экономика, предпринимательство и право. – 2021. – Т. 11. – № 6. – С. 1497–1514. EDN: UQOBWL.

10. Киселев Д. Н. Кластерно-сетевая модель организации социально-экономического пространства как инновационный драйвер развития российской экономики // Региональное развитие. – 2018. – № 1 (25). [Электронный ресурс]: <https://cyberleninka.ru/article/n/klasterno-setevaya-model-organizatsii-sotsialno-ekonomicheskogo-prostranstva-kak-innovatsionnyy-drayver-razvitiya-rossiyskoy>. Доступ 21.01.2024.

11. Бондаренко Н. Л., Конаневич Ю. Г. Совершенствование понятийно-категориального аппарата хозяйствственно-правовой науки // Актуальные проблемы гражданского права. – 2023. – № 1 (21). – С. 9–26.

12. Конаневич Ю. Г. Публичная хозяйственная деятельность как вид хозяйственной деятельности // Сучасність-еканамічні і правові даследуванні. – 2023. – № 2 (72). – С. 73–83. EDN: BDFNUB.

13. Бондаренко Н. Л., Конаневич Ю. Г., Лысаковская Ю. О. Квадратичное право как подотрасль кондиционного права // Вестник Пермского университета. – 2023. – № 2. – С. 231–256. DOI: 10.17072/1995-4190-2023-60-231-256.

14. Землин А. И. Проблемы обеспечения безопасности эксплуатации высокоматематизированных транспортных средств с использованием потенциала публичного и частного права // Мир транспорта. – 2023. – Т. 21. – № 2 (105). – С. 54–60. DOI: 10.30932/1992-3252-2023-21-2-6.

### Информация об авторах:

**Бондаренко Наталья Леонидовна** – доктор юридических наук, профессор, заведующий кафедрой хозяйственного права Юридического факультета Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь, [bondarenkonl@yahoo.com](mailto:bondarenkonl@yahoo.com).

**Конаневич Юрий Григорьевич** – старший преподаватель кафедры хозяйственного права Юридического факультета Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь, [kopanewitsch@yahoo.com](mailto:kopanewitsch@yahoo.com).

**Землин Александр Игоревич** – доктор юридических наук, кандидат философских наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, заведующий кафедрой Российского государственного социального университета; эксперт Центра экспертизы на транспорте Российского университета транспорта; научный руководитель направления «Транспортная безопасность» Научно-экспертного совета Центра исследования проблем безопасности Российской академии наук, Москва, Россия, [zemlin.aldr@yandex.ru](mailto:zemlin.aldr@yandex.ru).

Статья поступила в редакцию 01.03.2024, одобрена после рецензирования 14.03.2024, принята к публикации 18.03.2024.

- Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 50–57

Бондаренко Н. Л., Конаневич Ю. Г., Землин А. И. Правовой режим транспортных экосистем, основанных на принципах функционирования искусственного интеллекта





# Унификация сроков обслуживания и ремонта пассажирского вагона и его элементов как основная часть реализации эксплуатационного этапа контракта жизненного цикла



Андрей Сергеевич Шинкарук

Акционерное общество «Федеральная пассажирская компания», Москва, Россия.

ORCID 0000-0001-8462-8265.

✉ Shinkarukas@mail.ru.

Андрей ШИНКАРУК

## Аннотация

Статья посвящена рассмотрению вопросов анализа применяемых во вновь строящемся подвижном составе узлов и деталей, их систематизации и формированию алгоритма учета, а также их замены с определением проблемных аспектов и путей их нивелирования. Изучены сроки службы основных элементов и агрегатов, используемых на пассажирском подвижном составе, установлены сроки периодической их замены и ремонта, а также предложен алгоритм их контроля.

Рассмотрены вопросы замены или обслуживания отдельных узлов, деталей и элементов пассажирских вагонов с привязкой к периоду проведения планово-предупредительного ремонта, необходимости закрепления отдельных требований на этапе конструирования подвижного состава и его элементов в нормативно-правовом поле с целью повышения эффективности использования подвижного состава на эксплуатационном

этапе его жизненного цикла и минимизации перевода подвижного состава в нерабочий парк и отвлечения от перевозочной деятельности.

Проведены исследования нормативной документации, поставляемой при изготовлении вагона, систематизированы и проанализированы сроки службы самого вагона, а также используемых в нем основных узлов и агрегатов.

Данное исследование призвано повысить эффективность эксплуатации подвижного состава, систематизировать и, в отдельных случаях, установить требования к сроку службы отдельных узлов, механизмов и элементов при изготовлении и проектировании пассажирских вагонов, упростить и оптимизировать оценку стоимости жизненного цикла вагона, синхронизировать этапы жизненного цикла отдельных элементов подвижного состава с жизненным циклом (циклической заменой) применяемых в подвижном составе узлов и деталей.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, пассажирский вагон, ремонт, техническое обслуживание, унификация, модель, конструкция.

---

Для цитирования: Шинкарук А. С. Унификация сроков обслуживания и ремонта пассажирского вагона и его элементов как основная часть реализации эксплуатационного этапа контракта жизненного цикла // Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 58–63. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-8>.

---

Полный текст статьи в переводе на английский язык публикуется во второй части данного выпуска.  
English translation of the full text of the article is published in the second part of the issue.

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных направлений в повышении эффективности использования подвижного состава является минимизация отвлечения его из эксплуатационной деятельности с переводом в нерабочий парк, что приводит к снижению эффективности использования и увеличивает затраты на содержание на эксплуатационном этапе жизненного цикла [1].

Вопрос использования ресурса тягового и подвижного состава систематически рассматривается при формировании как технических заданий на изготовление новой продукции, так и в эксплуатации, в том числе и в разрезе параметров надежности и долговечности [2]. Вместе с тем, встречаются ситуации, когда изготовители отдельных узлов и агрегатов, поставляемых на пассажирские вагоны, устанавливают ресурсы меньше ресурса самого вагона или предполагают возможность кратной их замены с привязкой к планово-предупредительному ремонту либо к его назначенному сроку, что приводит к увеличению расходов на содержание вагона на эксплуатационном периоде жизненного цикла [3].

Так, из анализа отечественной практики эксплуатации установленных на пассажирские вагоны моделей 61-4465, 61-4523, 61-4472 основных узлов и деталей следует, что значительное количество элементов вагона требует периодической замены узлов и деталей без привязки к очередным планово-предупредительным ремонтам или же вырабатывает свой нормативный срок до времени окончания нормативного срока эксплуатации самого пассажирского вагона.

Таким образом, периодическая замена таких элементов, как высоковольтный преобразователь, система экологически чистых туалетных комплексов и т.д. в значительной степени снижает показатель внепланового отвлечения вагона на замену элементов по сроку службы<sup>1</sup>.

Проводящиеся в последние годы работы по межгосударственной стандартизации основных требований в железнодорожной отрасли и, в частности, предъявляемых к пассажирскому подвижному составу, не затрагивают вопрос унификации ресурсов узлов и деталей, устанавливаемых в изготавливаемый или ремонтируемый подвижной состав, так как нормативная база, как правило, регламентирует только общие

принципы, критерии и требования к узлам в части обеспечения их надежности, прочности, электро- и пожарной безопасности, а также по ряду иных параметров<sup>2</sup>.

Целью исследования является анализ нормативно-технической документации, применяемой при изготовлении, техническом обслуживании и ремонте пассажирских вагонов, их узлов и деталей. В исследовании применены методы нормативно-правового анализа, инженерного моделирования и сравнительного исследования.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В соответствии с требованиями Технического регламента ТС «О безопасности железнодорожного подвижного состава» (ТР ТС 001/2011)<sup>3</sup> регламентировано, что обеспечение безопасности железнодорожного подвижного состава и его составных частей должно обеспечиваться, в том числе, установлением назначенных сроков службы и (или) ресурсов продукции, а также проведением технических обслуживаний и ремонтов с необходимой периодичностью. Вместе с тем требования по обязательной привязке ремонта или технического обслуживания всех агрегатов, деталей и частей вагона к проведению технического обслуживания вагона или планово-предупредительного ремонта самому вагону отсутствуют.

Так, для осуществления доступа маломобильным пассажирам используются гидравлические подъемники КПВ-1<sup>4</sup> или КПВ-2<sup>5</sup>, для которых периодичность обслуживания в объемах ТО-1, ТО-2 и ТО-3 регламентирована перед очередным рейсом вагона (поезда), один раз в месяц и один раз в шесть месяцев соответственно. Однако согласно нормативным требованиям к периодичности технического обслуживания подвижного состава в объемах ТО-2 и ТО-3 оно осуществляется при подготовке

<sup>2</sup> ГОСТ 15.016-2016 «Система разработки и постановки продукции на производство. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению. – М.: Стандартинформ, 2020. – 31 с. [Электронный ресурс]: <http://gost.gtsever.ru/Data/642/64271.pdf>. Доступ 26.10.2023.

<sup>3</sup> Технический регламент Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава» (ТР ТС 001/2011). [Электронный ресурс]: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/techreg/deptxreg/tr/Documents/TR%20Podvignoisostev%20PID.pdf>. Доступ 26.10.2023.

<sup>4</sup> Комплект подъемников вагонных КПВ-1. «Паспорт ОП.К92 ПС». Санкт-Петербург: ВНИТИ, 2001. – 43 с.

<sup>5</sup> Комплект подъемников вагонных (Модель КПВ-2). «Паспорт ОЛ.К112ПС». Санкт-Петербург: ВНИТИ, 2003. – 50 с.

<sup>1</sup> Вагоны двухэтажные пассажирские. «Руководство по деповскому и капитальному (КР-1) ремонтам» 060 ПКБ ЦЛ – 2014 РД. – М.: ОАО «РЖД». – 205 с.





к летним и зимним перевозкам, а в объеме ТО-3 ежегодно.

Для автономной работы на длительных стоянках в ряде моделей пассажирских вагонов реализована система автономного энергообеспечения с использованием дизель-генераторных установок<sup>6</sup>, для которых периодичность технического обслуживания исчисляется в моточасах, однако, периодичность обслуживания самого вагона исчисляется календарным или пробежным периодами. Таким образом, риск нарушения или невыполнения регламентных периодов обслуживания или ремонта отдельных узлов, деталей или агрегатов вагона, в том числе с постановкой подвижного состава в отдельных случаях на длительный период на ремонтные позиции, возрастает. Данный фактор также снижает эффективность использования подвижного состава, что в свою очередь влияет на потребность в максимальном использовании подвижного состава.

Вместе с тем, по результатам анализа таких используемых в пассажирском подвижном составе элементов, как гидравлические гасители колебаний, амортизаторы универсальные, детали тормозного оборудования (противоюзный клапан, датчик импульса), элементы внутреннего оборудования (регулирующие заслонки, огнестойкие двери пассажирских вагонов, система видеонаблюдения и регистрации, мобильная система информирования, связи и конфигурации), выявлено, что в отношении них не установлен нормативный срок службы. У элементов электро- и высоковольтного оборудования (светильники, высоковольтные кабели и розетки, сигнализаторы) установлен нормативный срок 16 лет. У ряда видов оборудования (экологически чистые туалетные комплексы, установки подачи холодной и горячей воды, оконные рамы, бортовой измерительный комплекс контроля нагрева буровых узлов и т.д.) срок службы варьируется от 20 до 28 лет. Срок службы 40 лет, аналогичный назначенному сроку самого двухэтажного пассажирского вагона, регламентирован только для кузова, тележек и межвагонного беззазорного сцепного устройства (табл. 1).

По результатам анализа номенклатуры производителей узлов и деталей, используемых в двухэтажных пассажирских вагонах, следует, что при разработке руководств по ремонту и тех-

ническому обслуживанию не осуществлялась взаимоувязка сроков служб и периодичности ремонта или обслуживания элементов, агрегатов или деталей вагонов с периодичностью сроков обслуживания, ремонта и службы самого вагона, что необходимо [4].

Наряду с вопросами, возникающими ввиду рассинхронизации периодичности ремонта и технического обслуживания подвижного состава, возникает и вопрос эффективности использования вновь устанавливаемых узлов на подвижной состав. Так, например, при замене в процессе эксплуатации комплекса ЭЧТК, списание вагона будет производиться с данными узлами, выработавшими всего треть от нормативного срока службы вновь установленного комплекса. А использование данного оборудования при списании самого вагона может прогнозироваться по следующим сценариям: списание данного комплекса вместе с вагоном или его демонтаж, хранение, передислокация (при необходимости) и постановка на другой вагон, что будет требовать дополнительных финансовых расходов и дополнительного отвлечения персонала на проведение работ по демонтажу/монтажу оборудования, на использование помещений под его временное хранение.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, вопрос о привязке периодичности ремонта и обслуживания деталей, агрегатов и узлов, устанавливаемых при постройке пассажирского подвижного состава, а также регламентирование требований по синхронизации периодичности обслуживания, ремонта или кратности их замены в эксплуатационном периоде службы вагона является очень актуальным [5].

Нивелировать данные риски возможно следующим образом:

1. На стадии формирования технического задания заказчику при заключении контракта на приобретение подвижного состава (в случае, если собственник подвижного состава будет осуществлять обслуживание и ремонт своими силами) регламентировать требования о синхронной периодичности ремонта и технического обслуживания как вагона в целом, так и всех его элементов. При его реализации могут возникнуть риски поиска альтернативных поставщиков отдельных элементов вагона, что в итоге приведет к изменению стоимости вагона, и потребуется дополнительное время на реализацию процедур, связанных с согласованием

<sup>6</sup> Агрегат дизель-генераторный подвагонный. Руководство по эксплуатации 076.01.00.00.000 РЭ, Воронеж, филиал АО «Вагонреммаш» «Воронежский вагоноремонтный завод», 2016. – 34 с.

Таблица 1

**Основные сроки службы и периодичность ремонта  
элементов двухэтажного пассажирского вагона**

№ п/п	Наименование изделия	Срок службы	Периодичность ремонта
Ходовые части и подвагонное оборудование			
1	Гасители колебаний ZF Sachs	не регламентировано	не регламентировано
2	Амортизатор универсальный	не регламентировано	ДР – раз в три года; КР – раз в шесть лет
3	Аппарат, поглощающий с полимерными упругими элементами для автосцепных устройств пассажирского подвижного состава	рекомендованный срок службы 28 лет	ремонт аппарата проводиться согласно РЭ сцепного устройства, в которое он входит
4	Межвагонное беззазорное сцепное устройство	40 лет	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
5	Комплекс подножек поворотных закрытых	не менее 28 лет	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
6	Тележка	40 лет для рамы, бруса надрессорного	600 000 км или три года
7	Торсионный стабилизатор	1 миллион циклов нагружений	600 000 км или три года
Тормозное и автотормозное оборудование			
8	Резервуар	20 лет	не регламентировано
9	Резервуар	20 лет	не регламентировано
10	Противоизносный клапан	не регламентировано	не регламентировано
11	Датчик импульсов	не регламентировано	согласно РЭ, РД
12	Прибор управления торможением	20 лет	согласно РЭ, РД
13	Клещевые механизмы	не регламентировано	Выборочный капитальный ремонт через три года эксплуатации, согласно плана ТО
14	Воздухораспределитель 242–1	20 лет	согласно РЭ и РД на тормозное оборудование
15	Электровоздухораспределитель 305	20 лет общий	согласно РЭ и РД на тормозное оборудование
16	Электровоздухораспределитель 305	15 лет катушки	согласно РЭ и РД на тормозное оборудование
17	Осевой тормозной диск	по состоянию	обточка по состоянию
18	Сухари	600 000 км	нет
19	Сигнализатор давления	10 лет	не установлено
20	Реле давления	15 лет	не установлено
21	Трос дистанционного управления FLEXBALL	16 лет при КР-2	при КР-1 (4–5 лет)
Электрооборудование			
22	Комплект электрооборудования	не установлено	не установлено
23	Аккумулятор необслуживаемый	средний срок службы 12 лет	неремонтопригодны
24	Блок диагностики дверей	не менее 28 лет	производится только работниками предприятия-изготовителя
25	Блок управления автоматической двери	не менее 28 лет	производится только работниками предприятия-изготовителя
26	Водонагреватель	28 лет	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
27	Светильник	16 лет	1 раз в две недели
28	Нагреватель ЭНЖВ	20 лет	
29	Вентилятор осевой	не регламентировано	каждые шесть месяцев
30	Панель информационная	не регламентировано	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
31	Панель маршрутная	не регламентировано	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
32	Контроллер информационной панели	не регламентировано	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
33	Установка обеззараживания воздуха	20 лет	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
34	Лампа амальгамная бактерицидная низкого давления	8000 часов или 4 года, или 5000 включений	согласно РЭ и РД на оборудование
35	Электронный пускорегулирующий аппарат	до КР-1, но не более 8 лет	согласно РЭ и РД на оборудование
36	Розетка MBC-1M-P185/2x95–4000/800	16 лет	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД





№ п/п	Наименование изделия	Срок службы	Периодичность ремонта
37	Приемник холостой	16 лет	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
38	Штепсель с кабелем	16 лет	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
39	Штепсель с кабелем	16 лет	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
40	Розетка МВС-2-Р185/2х95-4000/800	16 лет	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
41	Комплект преобразователей для пассажирских вагонов с питанием от высоковольтной магистрали	28 лет	согласно РЭ и РД на оборудование
42	Преобразователь напряжения	28 лет	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
43	Блок управления электроснабжением вагона с преобразователем БУЭВ-П	не регламентировано	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
44	Ящик высоковольтный	не регламентировано	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
45	Установка обеззараживания воды	20 лет	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
Внутреннее и периферийное оборудование			
46	Герметичный межвагонный переход	не менее 16 лет	1.ежемесячное обслуживание 2. полугодовое обслуживание
47	Противопожарный клапан	не регламентировано	не регламентировано
48	Регулирующая заслонка	не регламентировано	профилактические и периодические осмотры заслонки не реже одного раза в год
49	Подножка поворотная закрытая правая	не менее 28 лет	не регламентировано
50	Подножка поворотная закрытая левая	не менее 28 лет	не регламентировано
51	Комплект для душа	ресурс 30000 часов, срок службы 16 лет	не регламентировано
52	Мобильная система информирования, связи и конфигурации	не регламентировано	не регламентировано
53	Огнестойкая дверь для пассажирских вагонов	не регламентировано	не регламентировано
54	Воздухоотводчик автоматический	не регламентировано	не регламентировано
55	Дверь боковая одностворчатая с электромеханическим приводом	28 лет	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
56	Дверь торцевая двухстворчатая с электромеханическим приводом	28 лет	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
57	Комплект воздуховодов	28 лет	1 раз в три года
58	Алюмопластмассовые рамы	28 лет	через 600 000 км., 1 раз в 4–5 лет
59	Установка пожарной сигнализации и пожаротушения	не регламентировано	не регламентировано
60	Бортовой измерительный комплекс температурного контроля буксовых узлов пассажирских вагонов	20 лет	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
61	Система контроля, диагностики электрооборудования вагона	не регламентировано	не регламентировано
62	Контроллер управления электрооборудованием вагона	не регламентировано	не регламентировано
63	Смеситель	16 лет	не регламентировано
64	Система видеонаблюдения и регистрации	не регламентировано	не регламентировано
Элементы ЭЧТК и УПХ и ГВ			
65	Установка вакуумная УВШ	28 лет	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
66	Унитаз вакуумный	28 лет	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
67	Туалетный комплекс ТК-05	28 лет	согласно РЭ и РД на оборудование
68	Бак накопитель	28 лет	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД
69	Сигнализатор уровня жидкости	16 лет	согласно РЭ и РД на оборудование
70	Установка подачи холодной и горячей воды	28 лет	периодичность ремонта и ТО совпадает с РЭ, РД

изменений в конструкции разрабатываемого пассажирского вагона.

2. При заключении контракта жизненного цикла на изготовление и сервисное обслуживание подвижного состава на всем эксплуатационном этапе жизненного цикла подвижного состава данные риски будут находиться на стороне исполнителя контракта, который сам, на стадии разработки подвижного состава, будет заинтересован в синхронизации данного процесса и минимизации отвлечения подвижного состава из эксплуатации.

В существующих условиях, когда подвижной состав уже приобретен и вопросы технического обслуживания находятся в зоне ответственности собственника, наиболее целесообразен механизм проведения обслуживания и ремонта по гибридной системе с привязкой замены узлов и деталей вагонов как к сроку технического обслуживания в объеме ТО-3 или планово-предупредительного ремонта, так и/или с формированием отдельных программ по их замене по отдельному графику. Для выполнения этой задачи необходимо разработать программное обеспечение, способное отслеживать и прогнозировать в автоматическом режиме замену выводимых из эксплуатации по календарному или пробежному сроку отдельных элементов подвижного состава.

## Выводы

При переходе на данную систему ремонта и технического обслуживания пассажирского подвижного состава реализуются следующие эффекты:

1. *Повышение безопасности движения.* Появится возможность выявлять и устранять неисправности подвижного состава в процессе проведения планового ремонта или технического обслуживания подвижного состава, то есть прежде, чем они станут причиной инцидента или отказа оборудования.

2. *Сокращение затрат.* Благодаря данному подходу своевременная замена или ремонт сократят риск длительного простоя вагона в нерабочем парке при возникновении и развитии критической неисправности узла или агрегата подвижного состава.

3. *Повышение надежности* за счет своевременного и в полном объеме проведения регла-

ментных работ по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава, а также своевременной замены узлов и деталей вагона, выработавших нормативный срок.

4. *Улучшение качества обслуживания и внедрение перспективных средств диагностирования, автоматического контроля, цифровизации процессов ремонта и обслуживания подвижного состава*, позволяющие установить системные неисправности отдельных элементов вагонов, устранить риски поступления отдельных неисправных элементов или партии продукции как при постройке подвижного состава, так и при проведении технического обслуживания или ремонта, что положительно повлияет на качество оказываемых услуг и улучшит комфортабельность при путешествии пассажиров.

В целом, применение гибридной системы ремонта и технического обслуживания имеет множество положительных эффектов для обеспечения качественной эксплуатации подвижного состава и достижения высокого уровня надежности, обеспечения безопасности и эффективности работы пассажирского подвижного состава.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бабков Ю. В., Белова Е. Е., Потапов М. И. К вопросу классификации отказов железнодорожного тягового подвижного состава // Надежность. Структурная надежность. Теория и практика. – 2021. – Т. 21. – № 4. – С. 12–19. EDN: WALXMP.

2. Паламарчук Н. В., Паламарчук Т. Н., Чехлатьев Н. А., Филимонов И. В. Определение показателей эффективности тягового подвижного состава по критериям технического и экономического совершенствования оборудования с использованием системы нечеткой логики // Сб. научных трудов ДОННИКТ. Подвижной состав железных дорог. – 2021. – № 63. – С. 63–81. [Электронный ресурс]: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-pokazateley-effektivnosti-tyagovogo-podvishnogo-sostava-po-kriteriyam-tehnicheskogo-i-ekonomicheskogo-sovershenstvovaniya>?ysclid=lt8n1l82sw954727310. Доступ 27.10.2023.

3. Шишков А. Д., Дмитриев В. А., Гусаков В. И. Организация, планирование и управление производством по ремонту подвижного состава / Под ред. А. Д. Шишкова. – М.: Транспорт, 1997. – 342 с. ISBN 5-277-01998-7.

4. Воронова Н. И., Дубинский В. А. Техническое обслуживание и продление жизненного ресурса пассажирских вагонов. – М.: КНОРУС, 2011. – 208 с. ISBN 978-5-406-00569-9.

5. Ахмеджанов Р. А., Криворудченко В. Ф. Диагностирование узлов и деталей вагонов при изготовлении, ремонте и в условиях эксплуатации / Часть 2. – М.: УМЦ по ж. д. транспорту, 2013. – 315 с. ISBN 978-5-89035-632-1.



### Информация об авторе:

**Шинкарук Андрей Сергеевич** – кандидат технических наук, главный ревизор по безопасности движения поездов Акционерного общества «Федеральная пассажирская компания», Москва, Россия, Shinkarukas@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 22.09.2023, одобрена после рецензирования 25.12.2023, принята к публикации 28.12.2023.

- Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 58–63

Шинкарук А. С. Унификация сроков обслуживания и ремонта пассажирского вагона и его элементов как основная часть реализации эксплуатационного этапа контракта жизненного цикла



# Концепция интегративного формирования и функционирования системы пассажирского автотранспортного обслуживания в сезонно-циклических условиях региональных курортных агломераций



Алексей Евгеньевич Кравченко

Кубанский государственный технологический университет (КубГТУ),  
Краснодар, Россия.  
✉ [pupsan2003@mail.ru](mailto:pupsan2003@mail.ru).

Алексей КРАВЧЕНКО

## АННОТАЦИЯ

Актуальность темы исследования обусловлена процессом конкурентного и комплексного развития региональных курортных агломераций (РКА) в Российской Федерации, соответствующей сервисной инфраструктуре и сферы услуг.

Целью статьи является обоснование процесса конкурентного и комплексного развития сервисной инфраструктуры РКА за счет повышения скординированного взаимодействия сфер услуг «курортно-туристская – пассажирская автотранспортная», учитывая сезонно-циклическую специфику объемов потребительской активности разносегментных потребительских групп персонально-массового назначения и заявленный уровень качества сервисного сопровождения.

Повышение скординированного взаимодействия указанных сфер услуг концептуально обеспечивается управляемым инициатором процессом формирования и функционирования интегративной бизнес-системы пассажирского автотранспортного обслуживания (ПАТО), в которую мотивационно вовлекаются хозяйствующие субъекты (с собственным ресурсным потенциалом) автотранспортного бизнеса и в которой осуществляются их рациональные маркетинговые взаимодействия в стратегических зонах хозяйствования РКА, учитывая указанную сезонно-циклическую специфику и факторы качества сервисного сопровождения.

В соответствии с авторскими предложениями, инициатором формирования и функционирования интегративной бизнес-системы ПАТО может выступать региональный хозяйствующий субъект со статусом опорного системного интегратора, использующий для организации своей хозяйственной деятельности различные формы маркетинговой интеграции и стратегии ведения автотранспортного бизнеса в условиях

скординированного взаимодействия указанных сфер услуг в РКА.

Результативность исследования обуславливается следующими структурными компонентами: раскрыты сезонно-циклические особенности функционирования пассажирского автотранспорта в РКА; определен системообразующий фактор (инициатор), влияющий на повышение конкурентоспособности сервисной инфраструктуры РКА за счет формирования и эффективного функционирования интегративной бизнес-системы ПАТО; представлена структурная схема управления бизнес-процессами интегративного автотранспортного бизнеса инициатора в маркетингово-коммуникационном пространстве РКА; сформирован категориально управляемый сервисный потенциал и представлена модель системы скординированного взаимодействия сфер услуг «курортно-туристская – пассажирская автотранспортная» в РКА; предложен экономико-математический показатель «интегральный экономический эффект», суммарно структурированный операционными эффектами от функционирования интегративной бизнес-системы ПАТО в РКА.

Проведенный в статье анализ позволяет сделать вывод о том, что одним из эффективных способов решения проблемы обеспечения роста конкурентного и комплексного развития сервисной инфраструктуры региональных курортных агломераций является использование предлагаемой автором концепции, которая имеет важное социально-экономическое значение, поскольку вносит существенный вклад в развитие поведенческой экономики региона, обеспечивает повышение эффективности системы управления пассажирскими перевозками и качеством автотранспортных услуг в сезонно-циклических условиях РКА.

**Ключевые слова:** система, формирование, функционирование, персонально-массовый спрос, комплексное автотранспортное обслуживание, качество, конкурентоспособность, регион, курортная агломерация, экономический эффект.

**Для цитирования:** Кравченко А. Е. Концепция интегративного формирования и функционирования системы пассажирского автотранспортного обслуживания в сезонно-циклических условиях региональных курортных агломераций // Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 64–72. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-9>.

**Полный текст статьи в переводе на английский язык публикуется во второй части данного выпуска.**  
**English translation of the full text of the article is published in the second part of the issue.**

## ВВЕДЕНИЕ

Конкурентное развитие курортно-туристской сферы в Российской Федерации обеспечивается программами и стратегиями социально-экономического развития и является для региональных экономик источником роста инвестиционной привлекательности, доходов, налогооблагаемой базы, а также интегративным фактором развития маркетинговых взаимодействий между сегментными хозяйствующими субъектами пассажирского транспортного бизнеса [1]. Одним из ключевых сегментов регионального бизнеса курортно-туристской сферы является автотранспортный сегмент – пассажирское автотранспортное обслуживание (ПАТО) с сопутствующим инфраструктурно-сервисным обеспечением [2].

Системное развитие ПАТО является тем стратегическим инструментом, который оказывает значительное влияние на качественное функционирование индустрии отдыха и туризма, является гарантом обеспечения транспортной доступности территориального пространства всего курортного региона, особенно, если автомобильный транспорт является единственным средством для перемещения пассажиров к месту отдыха, лечения, развлечения и туризма, определяет рост подвижности местного населения, отдыхающих и туристов применительно к объектам потребительских целей за счет сезонного сопряжения рынков и сервисных инфраструктур транспортной и курортно-туристской сфер бизнеса, а также обеспечивает динамику, диверсификацию и эффективность регионального социально-экономического развития и повышение качества жизни его граждан [3].

Сезонно-циклическим условиям (зима-лето) региональных курортных агломераций (РКА) свойственна регулярная (систематическая) смена объемов (уменьшение – в зимний период и увеличение – в летний период) потребительского спроса персонально-массового назначения, что, в свою очередь, обеспечивает изменение и определяет адаптацию маркетингового поведения операционных субъектов перевозочных технологий в контексте рационального использования их ресурсно-технического потенциала под заявленный уровень качества ПАТО в стратегических зонах хозяйствования в РКА [4].

Импульсно-сезонный характер сезонно-целевого персонально-массового потреби-

тельского спроса, в совокупности с агломерационным типом развития региональных курортно-туристских территорий, вызванный ростом популярности сферы отдыха и туризма, определяет системообразующий взгляд на построение и ведение автотранспортного бизнеса операционными субъектами перевозочных технологий в условиях скоординированного взаимодействия сфер услуг «курортно-туристская – пассажирская автотранспортная» в РКА для конкурентной траектории развития сервисной инфраструктуры РКА и обеспечения заявленного уровня качества сервисных услуг, что является актуальной проблемой [5–10].

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Существуют различные научные и практические точки зрения на решение проблемы повышения конкурентоспособности сервисной инфраструктуры РКА, которые лежат, в большинстве случаев, в плоскости совершенствования управления пассажирскими перевозками, но без должного учета специфики агломерационного фактора развития региональных курортных территорий, сезонно-циклического (импульсного) влияния потребительской активности населения на структуру пассажирских автотранспортных услуг и сопутствующего сервиса. В незначительной степени учитывается влияние туризма на процесс скоординированного совершенствования организации пассажирских перевозок различными видами транспорта в сезонно-циклических условиях разносегментной потребительской активности в РКА. Мало освещен и вопрос управления маркетинговыми коммуникациями между операционными субъектами перевозочных технологий, учитывая условия взаимодействия сфер услуг «курортно-туристская – пассажирская автотранспортная» в РКА.

Подтверждение вышесказанному находит свое категориальное отражение в исследовательских работах:

– организации, функционированию и развитию пассажирского автомобильного транспорта, а также рынков пассажирских транспортных услуг с сопутствующей сервисной инфраструктурой, в том числе в условиях прогнозирования потребительского спроса на уровне регионов и городов, посвящены работы [1–26];





— обеспечению качества и повышению эффективности ПАТО на уровне регионов и городов, посвящены работы [27–33];

— влиянию процессов интеграции (в туристской сфере и в области пассажирского транспорта) на повышение эффективности стратегического управления, бизнес-коммуникаций, операционных процессов, посвящены работы [34–42].

В связи с этим применение авторской концепции представляется актуальным, требует научно-теоретического обоснования.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам исследования региональных курортных агломераций (Сочинская, Анапская, Геленджикская, Новороссийская, Туапсинская) Краснодарского края было выявлено, что они меняют функциональный статус пассажирского автотранспорта на стратегический в связи со сменой сезонно-циклических условий (зима-лето), импульсно влияющих на рост объемов разносегментного потребительского спроса персонально-массового назначения (летом до 3-х и более раз превышающих зимний период) на перевозочные технологии в РКА [11–13].

Если подходить к значимости пассажирского автотранспорта с позиции только функционального статуса, то его роли — связующая и обеспечивающая [14–21]. Связующая роль обеспечивается транспортной доступностью территории РКА для местного населения, а обеспечивающая — оказывает влияние на динамику и структуру транспортной мобильности, также для местного населения. Причем связующая и обеспечивающая роли ограничиваются значимостью только для пассажирской транспортной системы не курортного периода, поскольку в большинстве случаев осуществляются перевозочные технологии к местам приложения труда, отдыха, развлечения и аналогичным для местных жителей.

Важно выделить, что практическое влияние на устойчивость функционирования пассажирской транспортной системы в зимний период не оказывает поток отдыхающих и туристов, поскольку прибывшие на курорт чаще всего используют свой личный автотранспорт для перемещения, а остальной поток не превышает 15–25 % от общего объема перевозки пассажиров в населенных пунктах РКА (кроме Сочинской агломерации, в которой курортный сезон является кругло-

годичным, и рост объемов перевозки пассажиров может достигать от 70 % до 100 %).

Если подходить к значимости пассажирского автотранспорта с позиции стратегического статуса, то следует говорить о курортном периоде, который может продолжаться до 6 месяцев (с мая по октябрь), и когда осуществляется перевозка уже не только местного населения, но и населения, прибывшего на курорт с различными целевыми установками [22–26]. Такое состояние вопроса уже затрагивает не только пассажирскую транспортную систему, но и индустрию отдыха, лечения, развлечения и туризма, и, как следствие, оказывает влияние на устойчивое функционирование всей социально-экономической системы РКА. В связи с чем к связующей и обеспечивающей роли пассажирского автотранспорта добавляется маркетингово-коммуникационная, финансово-экономическая и инвестиционно-имиджевая, образуя ролевой категориальный функционал, причем в связующую и обеспечивающую роли добавляются некоторые содержательные компоненты [27]:

— связующая роль оказывает влияние не только на транспортную доступность территории РКА, но и на доступность различных видов транспортных услуг для всех слоев местного населения, отдыхающих и туристов посредством территориально-пространственного сопряжения стратегических зон осуществления перевозочных технологий с их инфраструктурными объектами и сервисным обеспечением;

— обеспечивающая роль оказывает влияние на транспортную мобильность для всех персонально-массовых потребительских категорий, а также учитывает гибкость взаимодействия различных перевозочных технологий (влияет на выбор как для местного, так и приезжего населения мест отдыха, лечения, развлечения и туризма);

— маркетингово-коммуникационная роль оказывает влияние на динамику и структуру поведенческой экономики (маркетинговых автотранспортных коммуникаций и объемов перевозки пассажиров разностатусными субъектами перевозочных технологий, функционирующих в стратегических зонах хозяйствования РКА);

— финансово-экономическая роль оказывает влияние на ценовую доступность и привлекательность пассажирских автотранспортных

## Маркетингово-коммуникационное пространство региональной курортной агломерации



Рис. 1. Структурная схема управления бизнес-процессами опорного системного интегратора в маркетингово-коммуникационном пространстве региональной курортной агломерации [разработана автором].

услуг и сопутствующего транспортного сервиса, а также на доходную часть опорных секторов экономики региона и городов-спутников; выступает резервом провозных возможностей и надежным ресурсно-сервисным (–технологическим) элементом всей региональной пассажирской транспортной системы, обеспечивая ее устойчивое функционирование в условиях летних внутрирегиональных, межрегиональных и глобальных потребительских нагрузок; определяет направления и уровень экономического и конкурентного развития курортного региона за счет финансовой обеспеченности развития всего сервисно-инфраструктурного потенциала курортно-туристской сферы; позволяет обеспечивать систематический прирост интегрального экономического эффекта для индустрии отдыха и туризма за счет обеспечения заявленного уровня качества сервиса;

– инвестиционно-имиджевая роль оказывает влияние на динамику и диверсификацию социально-экономического развития курортного региона и городов-спутников; повышает инвестиционную привлекательность РКА с ее ресурсно-сервисным потенциалом и инфраструктурой посредством участия в формировании гибких, технологически согласованных цепочек с высоким уровнем качества комплексного сервиса (в том числе комплексного персонально-массового назначения).

Вышесказанное позволяет концептуально говорить, что пассажирский автотранспорт, функционируя в РКА, приобретает стратеги-

ческое качество, что требует выработки дополнительных организационно-управленческих мер и стратегий ведения транспортного бизнеса для целей повышения конкурентоспособности сервисной инфраструктуры в сезонно-циклических условиях потребительской активности в РКА [28–34].

В связи с этим предполагается создание «опорного» системного интегратора (ОСИ) – регионального экономического хозяйствующего субъекта, позволяющего эффективно управлять формированием и функционированием коммуникационно-стратегической бизнес-системы ПАТО, а также рационально реализовывать операционные бизнес-процессы, базирующиеся на различных маркетинговых стратегиях ведения автотранспортного бизнеса в РКА. Структурная схема управления бизнес-процессами ОСИ в маркетингово-коммуникационном пространстве РКА показана на рис. 1: на входе используются совокупность сервисных ресурсов интегративных хозяйствующих субъектов стратегического партнерства, сегментированный потребительский спрос и определяются стратегические зоны хозяйствования (СЗХ); на выходе создается и реализуется конкурентоспособный формат услуг бизнес-системы ПАТО, оценивается их эффективность и качество.

ОСИ является управляющим агентом, координирующим всю бизнес-систему ПАТО с учетом внедрения эффективных маркетин-





Официальный портал города-курорта Сочи:  
<https://sochi.ru/press-servis/novosti/68/128876/>.

#### Олимпийский парк в Сочи

говых стратегий ведения автотранспортного и сопутствующего бизнеса, руководствуясь рационально сформированной под объемы потребительского спроса посредством активизации интеграционных процессов ресурсно-сервисной базой, востребованным уровнем качества пассажирских автотранспортных услуг в РКА [35–38].

В данном случае, целевым ориентиром ОСИ является постоянное (систематическое) совершенствование бизнес-процессов по показателям эффективности, качества и результативности. По своей сути бизнес-процессы ОСИ предлагается классифицировать на базовые, субъект-инфраструктурные, развития, управления.

Базовые бизнес-процессы обеспечивают ОСИ основной частью прибыли за счет реализации пассажирского и сопутствующего ему автотранспортного сервиса (на регулярной и заказной основе с персональным, выборочным и (или) коллективным обслуживанием). Субъект-инфраструктурные бизнес-процессы поддерживают инфраструктуру и бизнес-коммуникации ОСИ. Бизнес-процессы развития обеспечивают для ОСИ усиление конкурентных позиций на рынке курортно-туристских услуг в среднесрочной и долгосрочной перспективе. Бизнес-процессы управления связаны с осуществлением всех функций управления (планирования, прогнозирования, организации, диагностики, регулирования, координации, контроля, оценки, анализа и учета) ОСИ и являются центрами его издержек.

Предложенная автором классификация бизнес-процессов позволяет оптимизировать производственно-хозяйственную деятельность ОСИ по факторам: структура и взаимо-

связь бизнес-процессов, издержки бизнес-процессов, центры ответственности за эффективность бизнес-процессов, структура прибыли от бизнес-процессов и др.

ОСИ, помимо определения целевых установок для участников стратегического партнерства, посредством активизации и регулирования интеграционных процессов обеспечивает [39; 40]: а) ресурсно-технологическую сбалансированность на сопряженных рынках курортно-туристских и автотранспортных услуг в РКА; б) повышение эффективности использования ресурсных потенциалов системных бизнес-субъектов в стратегических зонах хозяйствования в РКА; в) комплексное повышение качества сервиса в РКА; г) получение и рациональное распределение между системными бизнес-субъектами интегрального экономического эффекта; д) моделирование маркетинговых стратегий управления бизнес-процессами под изменяемые условия персонально-массовой потребительской активности в РКА.

Своевременное достижение целевой установки ОСИ – повышение конкурентного и комплексного развития сервисной инфраструктуры РКА, учитывая сезонно-циклическую специфику объемов потребительской активности разносегментных потребительских групп персонально-массового назначения и заявленный уровень качества сервисного сопровождения, предлагается обеспечить за счет эффективного использования сервисного потенциала сконцентрированного взаимодействия сфер услуг «курортно-туристская – пассажирская автотранспортная» с управляемыми основными и дополнительными конкурентными факторами (рис. 2) [41; 42].

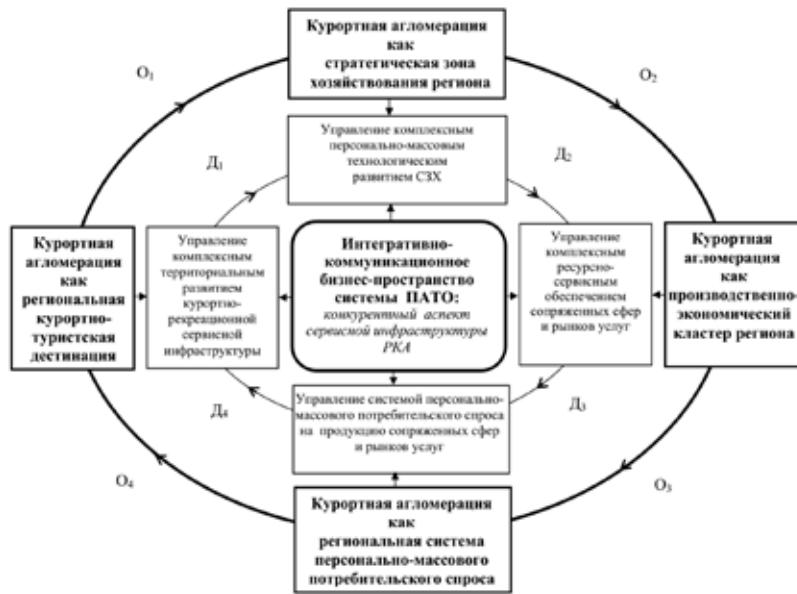


Рис. 2. Модель управляемого сервисного потенциала скординированного взаимодействия сфер услуг «курортно-туристская – пассажирская автотранспортная» в РКА: 01, 02, 03, 04 и Д1, Д2, Д3, Д4 – соответственно управляемые основные (О) и дополнительные (Д) конкурентные факторы скординированного взаимодействия сфер услуг «курортно-туристская – пассажирская автотранспортная» [разработана автором].

Если основные конкурентные факторы образуют только естественный потенциал привлекательности РКА, с узкой предпринимательской активностью к развитию, то дополнительные конкурентные факторы, в совокупности с основными, на примере рассматриваемой сферы пассажирских автотранспортных услуг образуют комплексное конкурентное превосходство за счет диверсификации и эффективности системообразующих бизнес-процессов сервисного потенциала скординированного взаимодействия сфер услуг «курортно-туристская – пассажирская автотранспортная» в РКА (табл. 1). Такое состояние вопроса способствует не только повышению уровня социально-экономического развития и инвестиционной привлекательности курортного региона в целом, но и влечет за собой рост потока отдыхающих и туристов уже за счет своего курортно-туристского имиджа с регулярным приростом соответствующего интегрального экономического эффекта.

В целом, оценку результативности сформированной и функционирующей коммуникационно-стратегической бизнес-системы ПАТО в РКА предлагается определять с использованием экономико-математического показателя – «интегральный экономический эффект», который представлен следующей авторской формулой:

$$IE_{RZT} = \sum_{i=1}^n IE_{Ri} \cdot S_{Ri} + \sum_{j=1}^m IE_{Zj} \cdot S_{Zj} + \sum_{k=1}^r IE_{Tk} \cdot S_{Tk},$$

где  $IE_{Ri}$ ,  $IE_{Zj}$ ,  $IE_{Tk}$  – соответственно операционные эффекты (IE) от осуществления перевозочных технологий пассажирским автомобильным транспортом i-го, j-го, k-го персонально-массового назначения (на регулярной (R) и заказной (Z) основе, а также легковыми такси (T)) для разносегментных потребительских групп населения в РКА;

$S_{Ri}$ ,  $S_{Zj}$ ,  $S_{Tk}$  – соответственно количество сезонно-временных циклов осуществления перевозок пассажиров регулярным, заказным автотранспортом и легковыми такси в РКА.

Интегральный экономический эффект ( $IE_{RZT}$ ) объединяет все операционные эффекты, полученные от реализации интегративного ресурсно-сервисного потенциала взаимодействующих участников стратегического партнерства в РКА за определенные сезонно-временные циклы пассажирской автотранспортной специализации, что позволяет делать выводы (по результатам расчета) о сезонно-целевом всплеске (или спаде) потребительского спроса персонально-массового назначения и предпринимать соответствующие организационные меры, влияющие на систематический прирост интегрального экономического эффекта.





Таблица 1

**Сервисный потенциал скоординированного взаимодействия сфер услуг «курортно-туристская – пассажирская автотранспортная» в РКА с управляемыми конкурентными факторами [разработано автором]**

Региональная курортная агломерация (РКА)		Конкурентные факторы и результаты от скоординированного взаимодействия сфер услуг «курортно-туристская – пассажирская автотранспортная» в РКА	
Категория / Потенциал назначения	Функционал назначения	Основные конкурентные факторы (О)	Дополнительные конкурентные факторы (Д)
Курортно-рекреационная дестинация	Формирование единого территориального пространства для развития курортно-рекреационной сервисной инфраструктуры	<p><i>Управление комплексным пространственно-территориальным развитием курортно-рекреационной сервисной инфраструктуры</i></p> <p><b>О<sub>1</sub>:</b> существующее географическое расположение, климат, сезонные циклы, рельеф, территориальный потенциал для развития курортно-рекреационной сервисной инфраструктуры, имиджевая и инвестиционная привлекательность территории РКА</p>	<p><b>Д<sub>1</sub>:</b> пространственно-территориальное развитие инфраструктуры пассажирской транспортной системы с сопутствующим сервисом в сочетании с сопряженными сферами курортно-туристского бизнеса в РКА</p>
		<p><b>Результат:</b> комплексное пространственно-территориальное развитие всей курортно-рекреационной сервисной инфраструктуры РКА</p>	
Стратегическая зона хозяйствования	Формирование единого территориально-коммуникационного пространства для сопряженных сфер и рынков услуг	<p><i>Управление комплексным персонально-массовым технологическим развитием СЗХ</i></p> <p><b>О<sub>2</sub>:</b> наличие благоприятных экономических условий для сопряженного развития различных сфер и рынков услуг в территориально-коммуникационном пространстве РКА</p>	
Рыночно-технологический потенциал		<p><b>Д<sub>2</sub>:</b> скоординированное персонально-массовое технологическое обеспечение в СЗХ РКА с заявленным уровнем эффективности и качества пассажирских автотранспортных услуг и сопутствующего сервиса</p>	<p><b>Результат:</b> комплексное повышение эффективности и качества персонально-массового технологического обеспечения в СЗХ РКА</p>
Производственно-экономический кластер	Формирование единого маркетингово-коммуникационного бизнес-пространства для хозяйствующих субъектов сопряженных сфер и рынков услуг	<p><i>Управление комплексным ресурсно-сервисным обеспечением сопряженных сфер и рынков услуг</i></p> <p><b>О<sub>3</sub>:</b> наличие благоприятного административно-правового климата и компьютерных информационно-коммуникационных возможностей (систем) для управления интеграцией хозяйствующих субъектов сопряженных сфер услуг с их ресурсными возможностями с целью диверсификации и повышения эффективности услуг (производств)</p>	
Интегративно-ресурсный потенциал		<p><b>Д<sub>3</sub>:</b> объединение и нормирование производственно-технических (и -трудовых) ресурсов у хозяйствующих субъектов сопряженных сфер услуг для формирования комплексного ресурсно-сервисного потенциала системы ПАТО под заявленный уровень эффективности и качества автотранспортных услуг в СЗХ РКА</p>	<p><b>Результат:</b> комплексное, нормированное под заявленный уровень эффективности и качества автотранспортных услуг и рациональное распределение интегративно-ресурсного обеспечения участников стратегического партнерства в СЗХ РКА</p>
Система персонально-массового потребительского спроса	Формирование единой базы данных об объемах потенциальных потребителей услуг в сопряженных сферах и рынках услуг	<p><i>Управление системой персонально-массового потребительского спроса на продукцию сопряженных сфер и рынков услуг</i></p> <p><b>О<sub>4</sub>:</b> сезонные циклы, национально-культурные особенности и потенциальные персонально-массовые объемы потребителей в сопряженных сферах бизнеса курортно-туристского сектора экономики региона</p>	
Потребительский спрос-ориентированный потенциал		<p><b>Д<sub>4</sub>:</b> выявление сегментного состава и потенциальных объемов персонально-массового потребительского спроса на транспортно-технологическую продукцию системы ПАТО для сопряженных рынков пассажирских транспортных услуг в РКА</p>	<p><b>Результат:</b> комплексно-систематическое удовлетворение требований персонально-массового потребительского спроса на качественное сервисное обеспечение в СЗХ РКА</p>

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современных рыночных условиях фактор туризма определяет новую сферу приоритетов и научных подходов к решению вопроса повышения конкурентного и комплексного развития региональных курортных агломераций с соответствующей сервисной инфраструктурой и сферами услуг, учитывая сезонно-циклическую специфику формирования объемов потребительской активности разносегментных потребительских групп персонально-массового назначения и заявленный уровень качества сервисного сопровождения. Достижение такой поставленной цели возможно за счет построения клиенто-ориентированной и ресурсно-сбалансированной бизнес-системы ПАТО в курортном регионе. Центральное место в этом вопросе отводится теории компромиссов в интегративной хозяйственной деятельности различных хозяйствующих субъектов, функционирующих в сопряженных курортно-туристских и пассажирских автотранспортных сферах услуг курортного региона. Реализация процесса системной интеграции дает возможность эффективно взаимодействовать в рыночном пространстве, а также использовать ресурсно-сервисный потенциал в стратегических зонах хозяйствования РКА с возможностью получения более высокого экономического результата (интегрального экономического эффекта).

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пистун Е. И., Блудян Н. О., Мороз Д. Г., Хейфци П. И. Агломерационные проблемы организации эффективной транспортной системы // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 2 (10). – С. 3–13. [Электронный ресурс]: auts.esrae.ru/ru/10-161. EDN: SXSAIH. Доступ 27.09.2023.
2. Kravchenko, A. E., Gura, D. A., Dernovoy, A. Yu. Passenger transport servis market functioning and development management in urban agglomerations based on integrated approach. Amazonia investiga. 2018, Vol. 7, Iss. 13, pp. 331–350. [Электронный ресурс]: <https://amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/566/534>. Доступ 27.09.2023.
3. Kravchenko, A. E., Gura, D. A. Motor transport development management in regional resort agglomerations: theoretical and methodological aspects. Revista Científica Orbis, 2023, Especial Internacional (año 14), pp. 35–45. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7896849>.
4. Попов А. А. Моделирование пиковых периодов транспортного обслуживания массовых мероприятий / В сб.: Проблемы функционирования систем транспорта. Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (с международным участием). – 2014. – С. 202–205. EDN: TOZNFN.
5. Котельникова В. Е. Транспортная инфраструктура туризма // Мир транспорта. – 2012. – № 4 (42). – С. 118–123. [Электронный ресурс]: <https://mirtr.elpub.ru/jour/article/view/713>. Доступ 27.09.2023. EDN: PFFKQN.
6. Кутепова Г. Н. Организация транспортного обслуживания в туризме // Транспортное дело России. – 2011. – № 4. – С. 179–181. EDN: QIPQJZ.
7. Кутепова Г. Н. Влияние транспортного обеспечения на качество туристского продукта // Транспортное дело России. – 2008. – № 6. – С. 100–102. EDN: SFWIMT.
8. Бутко И. И., Рубаник А. Н., Ситников В. А. Туризм и транспорт: Монография / под ред. И. И. Бутко; Роджелдор, РГУПС. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2014. – 150 с. ISBN 978-5-88814-352-0.
9. Смагулов Д. К., Садыкова Р. К. Основы кластерной организации рынка туристских услуг // Вестник университета «Туран». – 2016. – № 4 (72). – С. 150–154. EDN: UZMWAL.
10. Кравченко А. Е. Методика оценки конкурентного потенциала субъектов перевозочного бизнеса, осуществляющих гибкие транспортные услуги пассажирским автомобильным транспортом в курортных зонах // Транспорт: наука, техника, управление. – 2013. – № 1. – С. 80–83. EDN: PVEAMR.
11. Кравченко А. Е., Кравченко Е. А., Осенняя А. В. Геоинформационные системы в логистических процессах на пассажирском транспорте: теория и практика: Монография. – Краснодар: Изд. КубГТУ, 2018. – 228 с. ISBN 978-5-8333-0735-9.
12. Кравченко А. Е. Особенности транспортного обслуживания населения курортных зон пассажирским автобусным транспортом // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2010. – № 3. – С. 45–52. EDN: RSDSAN.
13. Богданова Т. В., Ощепкова Е. С. Исследование влияния процессов сезонности на качество обслуживания пассажиров авиакомпаний в аэропорту отправления // Вестник Университета (Государственный университет управления). – 2015. – № 11. – С. 83–89. EDN: VJJFNH.
14. Кравченко А. Е., Кравченко Е. А., Десятых Я. М. Основные инновационные направления развития науки в области экологии и транспорта будущего // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2010. – № 2. – С. 33–38. EDN: RSDRUJ.
15. Донченко В. В., Купавцев В. А. Исследование элементов городской инфраструктуры для безопасного передвижения средств индивидуальной мобильности. Вестник СибАДИ. – 2023. – № 20 (3). – С. 338–349. EDN: BVBDTX. DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-3-338-349>.
16. Герами В. Д. Методология формирования системы городского общественного транспорта / Дис... докт. тех. наук. – М.: МАДИ, 2001. – 328 с. EDN: QDMOGN.
17. Корчагин В. А., Гринченко А. В. Методы прогнозирования спроса на услуги городского пассажирского транспорта // Сб. тезисов докладов научн. конф. студентов и аспирантов ЛГТУ. – Липецк: ЛГТУ, 2004. – С. 142–145.
18. Мамаев Э. А., Хашев А. И. Моделирование транспортных систем: выбор системы поддержки принятия решений // В сб. «Транспорт и логистика: инновационное развитие в условиях глобализации технологических и экономических связей». – Ростов-на-Дону, РГУПС, 2017. – С. 172–176. EDN: ZGGLBF.
19. Максимова С. Ю. Формирование и развитие транспортной инфраструктуры региона / Автореф. дис... канд. экон. наук. – Ставрополь: Сев.-Кав. гос. техн. ун-т, 2010. – 21 с. EDN: NLHIXH.
20. Кравченко А. Е. Основные направления устойчивого развития и функционирования пассажирского автомобильного транспорта // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2010. – № 10. – С. 85–90. EDN: RSGFHV.
21. Кравченко Е. А., Кравченко А. Е. Современное состояние и перспективы устойчивого развития пасса-

- Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 64–72





жирского автомобильного транспорта в России // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 2. – С. 130–134. EDN: NBFNYN.

22. Якимов М. Р., Арефьева А. А. Транспортное планирование. Особенности моделирования транспортных потоков в крупных российских городах: монография. – М: Логос, 2016. – 280 с. ISBN 978-5-98704-709-5.

23. Hensher, D. A., Golob, T. F. Bus rapid transit systems: a comparative assessment. *Transportation*, 2008, Vol. 35, Iss. 4, pp. 501–518. DOI: 10.1007/s11116-008-9163-y.

24. Odeek, J. The effect of mergers on efficiency and productivity of public transport services. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2008, Vol. 42, Iss. 4, pp. 696–708. DOI: 10.1016/j.tra.2007.12.004.

25. Sheth, Ch., Triantis, K., Teodorović, D. Performance evaluation of bus routes: a provider and passenger perspective. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 43, Iss. 4, pp. 453–478. DOI: 10.1016/j.tre.2005.09.010.

26. Boudali, I., Ben Jaafar, I., Ghedira, Kh. Distributed decision evaluation model in public transportation systems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2008, Vol. 21, Iss. 3, pp. 419–429. DOI: 10.1016/j.engappai.2007.05.007.

27. Кравченко А. Е., Кравченко Е. А., Кравченко Е. Е. Основные направления транспортно-логистического обеспечения качественного уровня обслуживания населения и отдающих Краснодарского края автомобильным транспортом // Формирование транспортно-логистической инфраструктуры. Приграничное сотрудничество России и Казахстана: материалы 2-й междунар. науч.-практ. конф. – Омск: Изд. СиБАДИ, 2007. – С. 133–136. EDN: VOAUX.

28. Гудков В. А., Бочкарева М. М., Дулина Н. В., Овчар Н. А. Качество пассажирских перевозок: возможность исследования методами социологии: Учеб. пособие. – Волгоград: ВолгГТУ, 2008. – 163 с. ISBN 978-5-9948-0123-9.

29. Козлов И. Г., Кутепова Г. Н. Повышение качества транспортного обеспечения как метод повышения конкурентоспособности туристского продукта // Транспортное дело России. – 2013. – № 6–2. – С. 92–93. EDN: RYZRGF.

30. Шагинян С. Г., Радченко Е. В. Качество транспортного обслуживания как условие экономической безопасности предприятия-перевозчика // В сб. «Экономико-правовые механизмы обеспечения национальной безопасности». Материалы Всероссийской национальной научно-практ. конференции. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2017. – С. 88–91. EDN: VХODZR.

31. Трофименко Ю. В., Якимов М. Р. Методика оценки эффективности реализации транспортного

спроса на урбанизированной территории // Транспорт Урала. – 2010. – № 3 (26). – С. 34–39. EDN: MVLHWL.

32. Якунин Н. Н., Котов В. В., Якунина Н. В. Влияние подготовленности перевозчика на качество услуг пассажирского автомобильного транспорта // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2012. – № 6 (28). – С. 54–61. EDN: PJJMNB.

33. Богдарецкий А. В. Спрос и предложение на рынке транспортных услуг // Актуальные вопросы современной науки. – 2008. – № 3. – С. 351–357. EDN: RCCODB.

34. Будрина Е. В., Логинова Н. А. Механизм управления системой городского пассажирского транспорта // Транспорт Российской Федерации. – 2012. – № 3–4 (40–41). – С. 30–33. EDN: PBZHVF.

35. Анненков А. В. Организация производства и управление транспортной компанией в условиях конкуренции на транспортном рынке: Монография. – М.: РГОТУПС, 2003. – 245 с. ISBN 5-7473-0140-3.

36. Бусыгин А. В. Социальная ответственность бизнеса как результат социализации в современных экономических условиях // Вестник Московского университета МВД России. – 2014. – № 7. – С. 238–241. EDN: SKCPAJ.

37. Брагин Д. Ю. Управление взаимодействием туристских и транспортных предприятий / Автореф. дис. ... канд. экон. наук. – СПб.: С.-Петербург. гос. ун-т экономики и финансов, 2002. – 17 с.

38. Блинов А. О., Рудакова О. С. Механизм стратегического управления организациями в условиях неопределенности // Экономика. Налоги. Право. – 2015. – № 3. – С. 82–86. EDN: UCIKZJ.

39. Владимиров И. Г. Интеграционные процессы в развитии компаний: Монография. – М.: ГУУ, 2007. – 200 с. ISBN: 978-5-215-01948-1.

40. Макеев В. А. Интеграционные процессы в транспортной деятельности: целевые ориентиры и граничные параметры // В сб.: «Экономико-правовые механизмы обеспечения национальной безопасности». Материалы Всероссийской национальной научно-практ. конференции. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2017. – С. 125–129. EDN: YQTEQU.

41. Ситникова Л. В. Управление развитием интегрированной производственно-экономической системы на основе методологии структурной интеграции / Автореф. дисс... докт. экон. наук. – Уфа, УфГАТУ, 2011. – 41 с. EDN: QHTCUF.

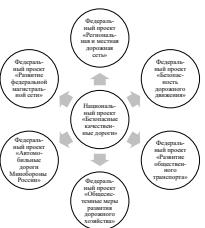
42. Щепакин М. Б., Хандамова Э. Ф. Формирование интегративного мультиплективного эффекта в маркетинговом коммуникационном пространстве // Экономика и предпринимательство. – 2015. – № 6. – С. 894–899. EDN: TQVHUB.

#### Информация об авторе:

**Кравченко Алексей Евгеньевич** – доктор экономических наук, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры транспортных сооружений имени профессора К. А. Дарагана Кубанского государственного технологического университета, Краснодар, Россия, pupsan2003@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 22.09.2023, одобрена после рецензирования 22.03.2024, принята к публикации 25.03.2024.

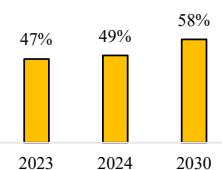
**От редакции:** Редакция, отмечая актуальность заявленной автором темы, полагает, что в ходе дальнейших исследований заслуживают более детальной проработки вопросы построения инициатором коммуникационно-стратегической бизнес-системы, механизма реализации предложенной концепции на практике, влияния существующих регуляторных документов и практик и необходимости в будущем создания или изменения нормативной и правовой базы. В этом плане публикуемая статья и предложения автора могут стать основой для продолжения научного обсуждения данной проблематики.



## БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

74

Подходы к расширенному анализу  
данных в целях управления  
и прогнозирования тенденций  
с использованием цифровых  
технологий.



## БЕЗОПАСНОСТЬ, УСТОЙЧИВОСТЬ, ЭКОЛОГИЯ

## АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

86

Экологические нарушения  
при строительстве и эксплуатации  
автомобильных дорог: возможные  
риски и пути их нейтрализации.





## Разработка подхода к анализу показателей аварийности региона



Сергей ЕВТЮКОВ



Фазил ЗЕЙНАЛОВ



Дмитрий МИТРОШИН



Александр НОВИКОВ



Анастасия ШЕВЦОВА

Сергей Аркадьевич Евтюков<sup>1</sup>, Фазил Назим оглы Зейналов<sup>2</sup>, Дмитрий Викторович Митрошин<sup>3</sup>,  
Александр Николаевич Новиков<sup>4</sup>, Анастасия Геннадьевна Шевцова<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия.

<sup>2</sup>Орловский юридический институт МВД России имени В. В. Лукьянова, Орел, Россия.

<sup>3</sup>Научный центр безопасности дорожного движения МВД России, Москва, Россия.

<sup>4</sup>Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Орел, Россия.

<sup>5</sup>Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова, Белгород, Россия.

<sup>1</sup>ORCID 0000-0003-3674-643X; Web of Science Researcher ID: AAC-3088-2019; Scopus Author ID: 56479135100; Scopus Author ID: 57201357770; РИНЦ SPIN-код: 2926-5435.

<sup>2</sup>Web of Science Researcher ID: B-9082-2016; Scopus Author ID: 57077906200; РИНЦ Author ID: 143921.

<sup>3</sup>ORCID 00000-0001-8973-9271; Web of Science Researcher ID: N-2399-2016; Scopus Author ID: <sup>5</sup>6872710100; РИНЦ SPIN-код: 1326-7713.

<sup>5</sup>shevcova-anastasiya@mail.ru.

### АНОТАЦИЯ

В статье рассмотрено состояние безопасности дорожного движения (БДД) в Российской Федерации за долгосрочный период 2012–2022 гг. Определены основные направления в исследуемой области, отражены результаты действующего национального проекта «Безопасные качественные дороги», а также проанализированы реализуемые федеральные проекты, в частности, целевые индикаторы федерального проекта «Безопасность дорожного движения» и определены перспективные пути по их достижению.

Установлена необходимость разработки подхода к анализу показателей аварийности региона, основанного на развитии инструментов Big Data для обработки больших объемов первичных данных. Выявлено, что имеющиеся данные, представленные в общедоступных статистических базах данных, не позволяют в полной мере оценить причины, в результате которых возникают дорожно-транспортные происшествия (ДТП). Несмотря на это с учетом имеющегося ресурса, а именно данных, представленных в аналитических информационных системах, находящихся на балансе ведомственных организаций, существует возможность

оценки аварийности в целом по региону с учетом показателей аварийности без пострадавших, которые определены значительно большим объемом данных. В таком случае возможно осуществлять подробную детализацию причин и условий возникновения происшествий, что позволяет реализовывать комплексный подход в предметной области.

В связи с этим основной целью исследования является разработка подхода к анализу показателей аварийности региона. Основными методами для достижения поставленной цели являются методы математического и статистического анализа. В качестве материалов исследования используются общедоступные базы данных, а также ресурсы специализированной автоматизированной информационно-управляющей системы (АИУС). В результате выполненных исследований предложен интеллектуальный метод анализа данных, который впоследствии позволит более эффективно вырабатывать решения по повышению БДД, в том числе путем осуществления контрольно-надзорной деятельности соответствующих органов.

**Ключевые слова:** безопасность дорожного движения, первичный анализ данных, показатели аварийности, принятие решения, интеллектуальный метод, сложные поисковые запросы.

Для цитирования: Евтюков С. А., Зейналов Ф. Н., Митрошин Д. В., Новиков А. Н., Шевцова А. Г. Разработка подхода к анализу показателей аварийности региона // Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 74–85. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-10>.

Полный текст статьи в переводе на английский язык публикуется во второй части данного выпуска.  
English translation of the full text of the article is published in the second part of the issue.

## ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение безопасности дорожного движения (БДД) является одним из условий достижения национальных целей развития. Для достижения соответствующих целевых показателей разработан и реализуется ряд документов стратегического планирования. Так, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 января 2018 года № 1-р Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018–2024 годы<sup>1</sup> является основой для формирования и реализации государственной политики в области БДД на федеральном, региональном, муниципальном и межотраслевом уровнях. Указанная Стратегия включает в себя результаты анализа состояния БДД в Российской Федерации, а также разработанную на их основе совокупность мер, направленных на повышение БДД и снижение смертности в данной сфере, сформированных на системной основе.

Одним из основных направлений реализации Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р<sup>2, 3</sup>, является создание условий для повышения качества жизни и здоровья граждан, а также реализация транспортного потенциала за счет опережающего развития транспортной инфраструктуры и расширения доступа к безопасным и качественным транспортным услугам. В данном контексте одним из фундаментальных направлений осуществления данного направления будет являться обеспечение БДД.

За предшествующий период в целом по стране БДД улучшилась, что подтверждено ежегодно регистрируемыми показателями аварийности, представленными в том числе на электронных ресурсах – в статистических

базах данных<sup>4, 5</sup>, и в ежегодном отчете Научного центра безопасности дорожного движения МВД России (НЦ БДД)<sup>6</sup> [1]. Наблюдается снижение показателей аварийности по общему количеству происшествий с погибшими и ранеными (рис. 1). Анализируя рассматриваемый одиннадцатилетний период – с 2012 по 2022 год, можно отметить, что в среднем общее количество происшествий с погибшими и ранеными по стране ежегодно снижается на 4,5 %, количество погибших – на 6,5 % и количество раненых – на 5,5 % [2; 3].

Наблюдаемая положительная динамика снижения рассматриваемых показателей (рис. 1), особенно начиная с 2018 года, во многом связана с реализацией нового подхода к снижению смертности на дорогах – концепции стремления к нулевой смертности, идеологической основой которой можно считать шведскую концепцию Vision Zero [4–8]. В соответствии с данной концепцией необходимо обеспечить безопасность транспортно-дорожного комплекса (ТДК) с учетом того факта, что человек (водитель) как одно из звеньев системы «водитель – автомобиль – дорога – среда» (ВАДС) может совершить ошибку. В таком случае составляющие системы должны обеспечить безопасность – предотвратить или минимизировать тяжесть последствий допущенной ошибки. С учетом данной концепции и относительно нового подхода к вопросу БДД на законодательном уровне были приняты новые проекты, направленные на повышение безопасности транспортно-дорожного комплекса (ТДК). Его основу составляет национальный проект «Безопасные качественные дороги»<sup>7</sup> [9; 10]. В рамках проекта осуществляется строительство новых и реконструкция существующих автомобильных дорог, приведение их в нормативное состояние. В рамках данного нацио-

<sup>4</sup> Показатели состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]: <http://stat.gibdd.ru/>. Доступ 05.09.2023.

<sup>5</sup> Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]: <https://rosstat.gov.ru/>. Доступ 05.09.2023.

<sup>6</sup> Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 2022 год. Информационно-аналитический обзор. М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России». – 2023. – 150 с. [Электронный ресурс]: <https://media.mvd.ru/files/embed/5055549>. Доступ 10.08.2023.

<sup>7</sup> Национальный проект «Безопасные качественные дороги»: в 2021 году в России отремонтировали 16,5 тыс. км дорог // Мир транспорта. – 2022. – Т. 20. – № 1 (98). – С. 66.

<sup>1</sup> Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2018 N 1-р «Об утверждении Стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018–2024 годы».

<sup>2</sup> Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р.

<sup>3</sup> Соколов М. Транспортная стратегия России на период до 2030 года // Транспортная стратегия – XXI век. – 2013. – № 22. – С. 7–9. EDN: VEEFDR.



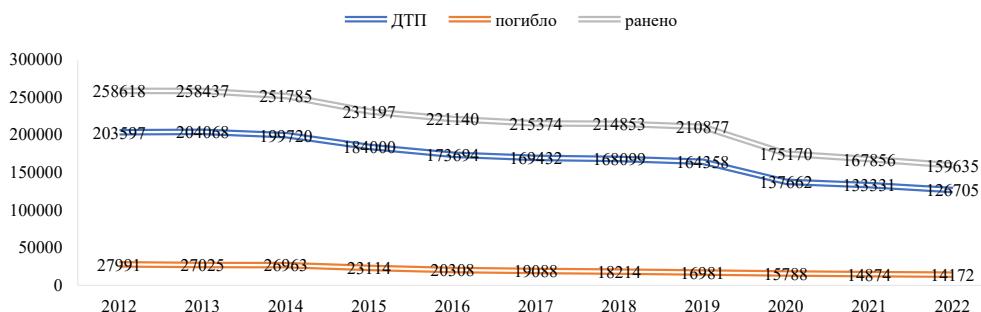


Рис. 1. Основные показатели аварийности в Российской Федерации за период 2012–2022 гг.  
[подготовлено авторами на основании анализа источников<sup>4,5,6</sup>].

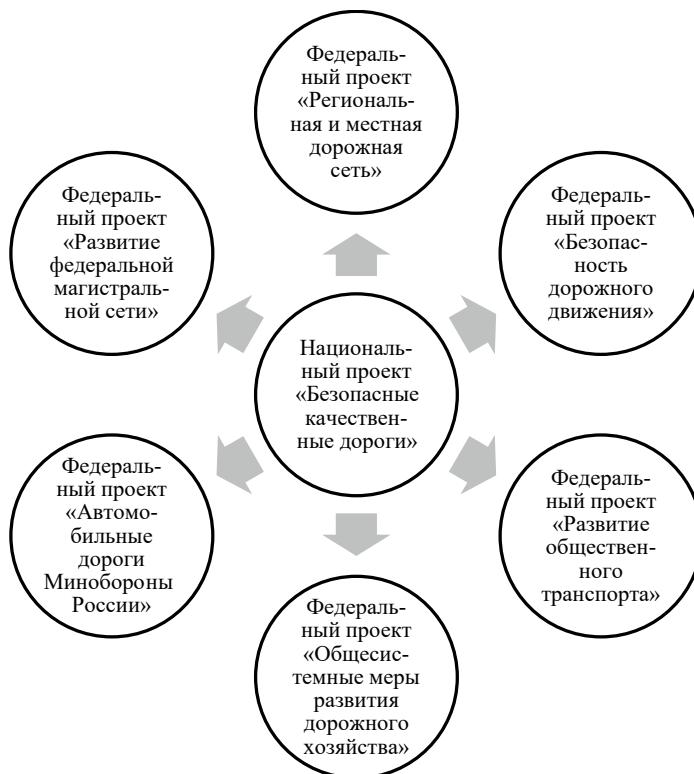


Рис. 2. Структурная схема основных составляющих национального проекта «Безопасные качественные дороги»  
[подготовлено авторами на основе<sup>7</sup>].

нального проекта реализуются федеральные проекты «Региональная и местная дорожная сеть», «Безопасность дорожного движения», «Развитие общественного транспорта», «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства», «Автомобильные дороги Минобороны России» и «Развитие федеральной магистральной сети» (рис. 2).<sup>8</sup>

Достижение целей федерального проекта «Безопасность дорожного движения» оцени-

вается по основным показателям: «удовлетворенность безопасностью дорожного движения» и «количество погибших в ДТП на 10 тыс. транспортных средств», а также дополнительному показателю «количество погибших в ДТП на 100 тыс. населения» (рис. 3 а-в).

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ, ЦЕЛЬ, МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Для достижения установленных показателей в первую очередь необходимо оценить ситуацию по трем основным направлениям –

<sup>8</sup>Сайт национального проекта «Безопасные качественные дороги». [Электронный ресурс]: <https://bkdrf.ru/about/SafetyRoads>.

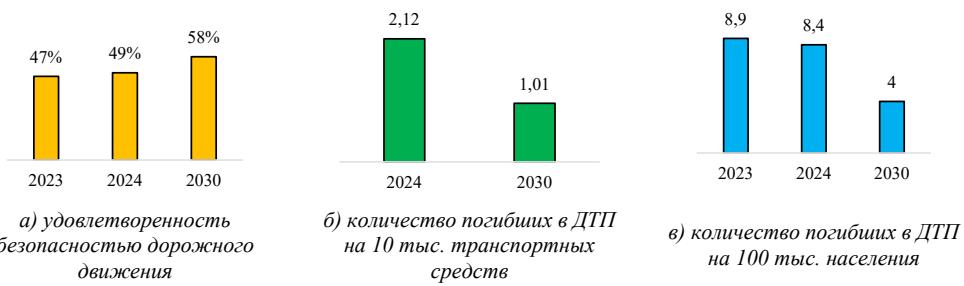


Рис. 3. Индикаторы федерального проекта «Безопасность дорожного движения»  
[подготовлено авторами на основе <sup>8</sup>].

«как было», «на текущий момент» и в «перспективе», с использованием различных периодов и параметров для оценки. Точная оценка позволяет выполнить прогноз изменения ситуации и определить основные направления реализации для изменения ситуации. С учетом имеющегося информационного инструментария – Big Data, необходима разработка подхода к анализу показателей аварийности, в том числе, не представленных в официальных источниках, что и определяет основную цель выполненного исследования.

При работе с показателями аварийности для выполнения аналитических процедур специалисту, непосредственно связанному с научной спецификой деятельности, приходится работать с официальными источниками – статистическими базами данных, содержащими данные по количеству происшествий с погибшими и ранеными. Следует отметить, что в официальных источниках информация структурирована, что позволяет сделать выборку по различным показателям. В соответствии с заложенной в основу научных исследований, выполняемых в области БДД, системой ВАДС [11–13] представленные данные можно отнести к описанию одного из элементов или их связей. Работа в базе данных осуществляется посредством задания простых поисковых запросов, позволяющих анализировать один показатель. Например, рассматривая такой элемент системы ВАДС как «водитель», возможно подробно рассмотреть составляющие такого показателя, как «ДТП и пострадавшие из-за нарушения ПДД водителями транспортных средств», который включает в себя 16 подкатегорий или классификаций рассматриваемого показателя. Следует отметить, что некоторые классификации включают в себя несколько составляющих, что создает сложную иерархическую структуру, представленную в качестве примера для

рассматриваемого показателя (рис. 4).

В представленной структуре (рис. 4), светло-серую заливку имеют подразделы, которые фактически не представлены в официальной базе, в связи с тем, что по ним нельзя задать поисковый запрос, но для построения схемы они были внесены в качестве обязательного элемента, позволяющего осуществить классификацию. Заливку темно-серого оттенка имеют блоки, которые до 01.01.2022 не были представлены в официальных источниках, но, начиная с упомянутой даты, были введены. Следует отметить, что по данным показателям нельзя установить значения до указанной даты, в связи с тем, что ранее они были не учитываемыми.

Анализ представленной в качестве структуры схемы (рис. 4) показывает, что при использовании аналитического метода исследования и возможных видов такого метода – статистики, прогнозирования, интеллектуального анализа данных, оптимизации и пр., возможно применение только первого метода – статистики. В таком случае возможна реализация только одного направления – это оценка изменения динамики, но с учетом установленных целевых показателей при работе с данными по аварийности требуется разработка нового похода к анализу и, соответственно, особого инструментария, который позволит реализовать интеллектуальный анализ данных и впоследствии более эффективно вырабатывать решения по повышению БДД, в том числе путем осуществления контрольно-надзорной деятельности соответствующих органов. Таким образом, на данном этапе был определен метод исследования – аналитический.

Основными используемыми материалами являются статистические базы данных. В результате анализа имеющегося инструментария для формирования рас-



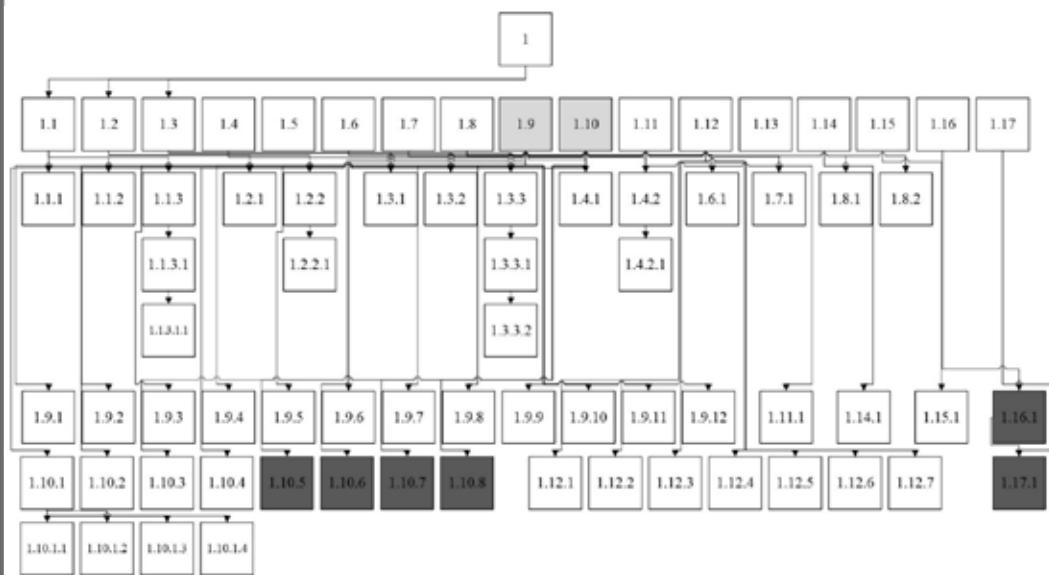


Рис. 4. Схема составляющих показателя «ДТП и пострадавшие из-за нарушения ПДД водителями транспортных средств» [выполнено авторами]:

1 – ДТП и пострадавшие из-за нарушения ПДД водителями транспортных средств – всего; 1.1 – водителями легковых автомобилей; 1.1.1 – водители находились в состоянии опьянения; 1.1.2 – перевозчики имеют лицензию на перевозочную деятельность; 1.1.3 – транспортные средства находятся в собственности физических лиц; 1.1.3.1 – водители находились в состоянии опьянения; 1.1.3.1.1 – перевозчики имеют лицензию на перевозочную деятельность; 1.2 – водителями грузовых автомобилей; 1.2.1 – водители находились в состоянии опьянения; 1.2.2 – транспортные средства находятся в собственности физических лиц; 1.2.2.1 – водители находились в состоянии опьянения; 1.3 – водителями автобусов; 1.3.1 – водители находились в состоянии опьянения; 1.3.2 – перевозчики имеют лицензию на перевозочную деятельность; 1.3.3 – транспортные средства находятся в собственности физических лиц; 1.3.3.1 – водители находились в состоянии опьянения; 1.3.3.2 – перевозчики имеют лицензию на перевозочную деятельность; 1.4 – водителями мотоциклов; 1.4.1 – водители находились в состоянии опьянения; 1.4.2 – транспортные средства находятся в собственности физических лиц; 1.4.2.1 – водители находились в состоянии опьянения; 1.5 – водителями моледов и приравненных к ним транспортных средств; 1.6 – водителями трамваев; 1.6.1 – водители находились в состоянии опьянения; 1.7 – водителями троллейбусов; 1.7.1 – водители находились в состоянии опьянения; 1.8 – водителями тракторов и других самоходных механизмов; 1.8.1 – водители находились в состоянии опьянения; 1.8.2 – транспортные средства находятся в собственности физических лиц; 1.9 – возраст водителей; 1.9.1 – возраст которых от 0 до 10 лет; 1.9.2 – возраст которых от 10 до 14 лет; 1.9.3 – возраст которых от 14 до 16 лет; 1.9.4 – возраст которых от 16 до 18 лет; 1.9.5 – возраст которых от 18 до 21 года; 1.9.6 – возраст которых от 21 до 25 лет; 1.9.7 – возраст которых от 25 до 30 лет; 1.9.8 – возраст которых от 30 до 40 лет; 1.9.9 – возраст которых от 40 до 50 лет; 1.9.10 – возраст которых от 50 до 60 лет; 1.9.11 – возраст которых от 60 до 70 лет; 1.9.12 – возраст которых выше 70 лет; 1.10 – стаж; 1.10.1 – со стажем управления до 2 лет; 1.10.1.1 – в состоянии опьянения; 1.10.1.2 – отказавшихся от прохождения медицинского освидетельствования; 1.10.1.3 – мужчинами; 1.10.1.4 – женщинами; 1.10.2 – со стажем управления от 2 до 5 лет; 1.10.3 – со стажем управления от 5 до 10 лет; 1.10.4 – со стажем управления от 10 до 15 лет; 1.10.5 – со стажем управления от 15 до 20 лет; 1.10.6 – со стажем управления от 20 до 25 лет; 1.10.7 – со стажем управления от 25 до 30 лет; 1.10.8 – со стажем управления выше 30 лет; 1.11 – водителями – гражданами иностранных государств; 1.11.1 – водителями – гражданами стран СНГ; 1.12 – водители находились в состоянии опьянения; 1.12.1 – ДТП, произошедшие по понедельникам; 1.12.2 – ДТП, произошедшие по вторникам; 1.12.3 – ДТП, произошедшие по средам; 1.12.4 – ДТП, произошедшие по четвергам; 1.12.5 – ДТП, произошедшие по пятницам; 1.12.6 – ДТП, произошедшие по субботам; 1.12.7 – ДТП, произошедшие по воскресеньям; 1.13 – водители отказались от прохождения медицинского освидетельствования; 1.14 – транспортных средств физических лиц; 1.14.1 – водители находились в состоянии опьянения; 1.15 – транспортных средств юридических лиц; 1.15.1 – водители находились в состоянии опьянения; 1.17 – водителями-женщинами; 1.17.1 – водители находились в состоянии опьянения.

сматриваемых баз данных особое внимание было уделено процессу первичной обработки данных, осуществляющейся на месте ДТП. Следует отметить, что на сегодняшний день процесс занесения основной информации, необходимой для последующей работы, осуществляется в автоматизированной информационно-управляющей системе Госавтоинспекции (АИУС ГИБДД) [14–16]. Формы системы условно разделены на две группы – необходимые и достаточные. В рамках исследования особое внимание было уделено данным, которые включают

в себя необходимую информацию для формирования карточки ДТП. Основным положительным аспектом работы в данной системе является наличие более полной информации о происшествии, возможности задания сложных поисковых запросов, а также информации о количестве происшествий без пострадавших. Согласно рабочей гипотезе исследования, которая заключается в том, что для принятия решения по снижению количества происшествий на уровне региона необходимо вместе с показателями аварийности с пострадавшими

Таблица 1

## Сформулированные сложные поисковые запросы [подготовлено авторами]

Наименование запроса		Общая формулировка поискового запроса
«Запрос 1»		
Количество ДТП в НП	с пострадавшими	кол-во ДТП в НП с пострадавшими
Количество ДТП в НП	без пострадавших	кол-во ДТП в НП без пострадавших
«Запрос 2»		
Количество ДТП ВНП	с пострадавшими	кол-во ДТП вне НП с пострадавшими
Количество ДТП ВНП	без пострадавших	кол-во ДТП вне НП без пострадавших
«Запрос 3»		
Количество ДТП в НП – перегон	с пострадавшими	кол-во ДТП на перегоне в НП с пострадавшими
Количество ДТП в НП – перегон	без пострадавших	кол-во ДТП на перегоне в НП без пострадавших
«Запрос 4»		
Количество ДТП в НП-РПП	с пострадавшими	кол-во ДТП на РПП в НП с пострадавшими
Количество ДТП в НП-РПП	без пострадавших	кол-во ДТП на РПП в НП без пострадавших
«Запрос 5»		
Количество ДТП в НП-НПП	с пострадавшими	кол-во ДТП на НПП в НП с пострадавшими
Количество ДТП в НП-НПП	без пострадавших	кол-во ДТП на НПП в НП без пострадавших
«Запрос 6»		
Количество ДТП в НП-РП	с пострадавшими	кол-во ДТП на РП в НП с пострадавшими
Количество ДТП в НП-РП	без пострадавших	кол-во ДТП на РП в НП без пострадавших
«Запрос 7»		
Количество ДТП в НП-НПРД	с пострадавшими	кол-во ДТП на НПРД в НП с пострадавшими
Количество ДТП в НП-НПРД	без пострадавших	кол-во ДТП на НПРД в НП без пострадавших
«Запрос 8»		
Количество ДТП в НП-НПНД	с пострадавшими	кол-во ДТП на НПНД в НП с пострадавшими
Количество ДТП в НП-НПНД	без пострадавших	кол-во ДТП на НПРД в НП без пострадавших
«Запрос 9»		
Количество ДТП в НП-НПсКД	с пострадавшими	кол-во ДТП на НПсКД в НП с пострадавшими
Количество ДТП в НП-НПсКД	без пострадавших	кол-во ДТП на НПсКД в НП без пострадавших

Пояснения: ДТП – дорожно-транспортное происшествие; НП – населенный пункт; ВНП – вне населенного пункта; РПП – регулируемый пешеходный переход; НПП – нерегулируемый пешеходный переход; РП – регулируемый перекресток; НПРД – нерегулируемый перекресток равнозначных дорог; НПНД – нерегулируемый перекресток неравнозначных дорог; НПсКД – нерегулируемое пересечение с круговым движением.

осуществлять оценку показателей аварийности без пострадавших, данная информация является важной и необходимой для учета при анализе показателей аварийности и, соответственно, определенным инструментарием для выработки мер по принятию решения. Таким образом, основными материалами при работе в данном исследовании стали статистические базы данных и АИУС ГИБДД.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Для разработки подхода к оценке показателей аварийности в соответствии с разделами АИУС ГИБДД были сформулированы сложные поисковые запросы (табл. 1), позволяющие получить данные о количестве происшествий с пострадавшими и без пострадавших, на основании чего выполнить анализ и осуществить сравнение полученных результатов. Следует отметить, что структура сис-

темы включает в себя семь основных разделов:

1. Общие сведения.
2. УДС и схема ДТП.
3. Дорожные условия.
4. Действия на месте ДТП.
5. Сведения о транспортных средствах, участвовавших в ДТП.
6. Сведения об участниках ДТП.
7. Дополнительные сведения.

Каждый из представленных разделов включает в себя достаточный перечень параметров, позволяющий на уровне региона за рассматриваемый период осуществить первичный анализ причин и условий возникновения ДТП. Безусловно, на возникновение происшествия оказывает влияние большое количество факторов, что требует выполнения глубокого анализа, но в рамках данного исследования предлагается разработать механизм первоначальной оценки имеющихся показа-



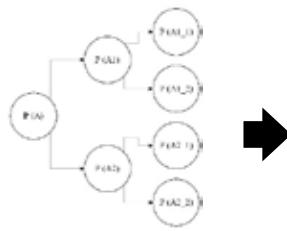


Рис. 5. Изображение составляющих общей статистической вероятности [подготовлено авторами].

телей для выполнения дальнейшего анализа выявленного доминирующего запроса, например, по показателю «объект УДС».

Несмотря на довольно обширный спектр представленной информации в общедоступных информационных ресурсах, к основным из недостатков их использования относятся отсутствие детализированных данных, например классификации по «объектам УДС», и отсутствие данных по количеству происшествий во всех показателях без пострадавших. Также следует отметить особенность АИУС ГИБДД – отсутствие возможности пользования данной системой пользователям, не относящимся к ведомственным структурам, например, исследователям в области безопасности дорожного движения. Тем не менее, несмотря на имеющийся ряд проблем, на основании официального запроса были получены количественные данные по сформулированным запросам (табл. 1), что позволило осуществить анализ полученных данных.

Первоочередным мероприятием для разработки подхода является переход к относительным показателям – вероятностным значениям наступления события. Следует отметить, что работа в вероятностной области позволяет выполнить оценку наиболее весомых значений, обладающих наибольшим «весом» статистической вероятности наступления событий, что дает возможность планирования основных мероприятий по снижению аварийности для конкретного субъекта Российской Федерации.

В качестве примера в рамках данного исследования рассмотрены показатели аварийности по Белгородской области за период 2016–2022 годов, полученные в результате задания сформулированных поисковых запросов (табл. 1) в системе АИУС ГИБДД. На первоначальном этапе для перехода в область

Таблица 2  
Полученные значения вероятностей  
[подготовлено авторами]

Год	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
P (A)	1	1	1	1	1	1	1
P (A1)	0,97	0,97	0,95	0,97	0,97	0,96	0,95
P (A2)	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,04	0,05
P (A1_1)	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,07	0,06
P (A1_2)	0,92	0,91	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
P (A2_1)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
P (A2_2)	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	0,03

вероятностных значений работа осуществлялась по «запросу 1» и «запросу 2», где было принято что  $P (A)$  – это общая статистическая вероятность наступления ДТП, определяемая с использованием формул:

$$P(A) = P(A1) + P(A2), \quad (1)$$

где  $P(A)$  – общая статистическая вероятность наступления события (ДТП);

$P(A1)$  – статистическая вероятность наступления ДТП в населенном пункте;

$P(A2)$  – статистическая вероятность наступления ДТП вне населенного пункта.

$$P(A1) = P(A1_1) + P(A1_2), \quad (2)$$

где  $P(A1)$  – статистическая вероятность наступления ДТП в населенном пункте;

$P(A1_1)$  – статистическая вероятность наступления ДТП с пострадавшими в населенном пункте;

$P(A1_2)$  – статистическая вероятность наступления ДТП без пострадавших в населенном пункте;

$$P(A2) = P(A2_1) + P(A2_2), \quad (3)$$

где  $P(A2)$  – статистическая вероятность наступления ДТП вне населенного пункта;

$P(A2_1)$  – статистическая вероятность наступления ДТП с пострадавшими вне населенного пункта;

$P(A2_2)$  – статистическая вероятность наступления ДТП без пострадавших вне населенного пункта.

Графически взаимосвязь показателей имеет вид, представленный на рис. 5. В результате расчета были получены данные по установленным вероятностям, которые наглядно представлены в табл. 2.

Полученные результаты позволяют представить данные в условном поле вероятности, в котором наглядно отражено, что большинство событий происходит в населенном пункте. При сравнении с абсолютными показателями стоит отметить, что, несмотря на снижение общих количествен-

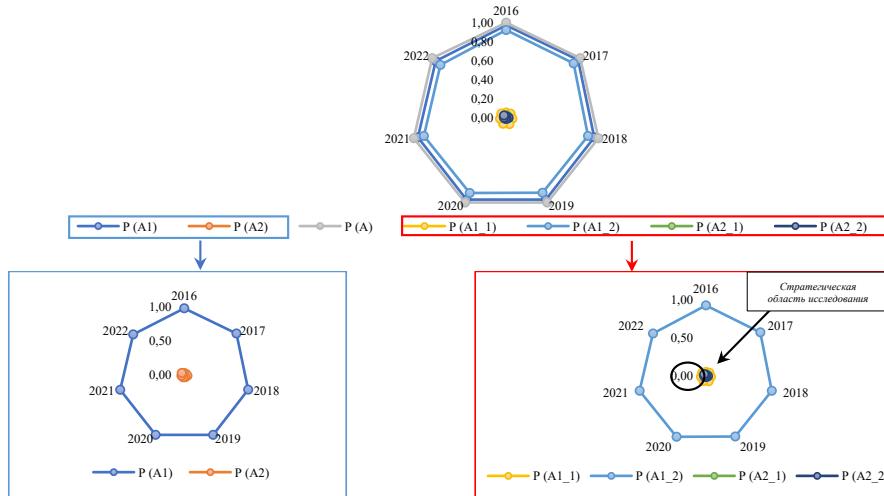


Рис. 6. Общий вид области вероятности наступления событий [подготовлено авторами].

ных показателей, ситуация в рассматриваемом регионе за рассматриваемый период остается неизменной (рис. 6). Дальнейший анализ показывает, что наибольшее количество происшествий в населенных пунктах, которое варьируется в пределе от 0,89 до 0,92, происходит без пострадавших; статистическая вероятность ДТП с пострадавшими изменяется в пределе от 0,05 до 0,08. Условно, на протяжении рассматриваемого периода в Белгородской области от общего числа происшествий ежегодно происходит в среднем приблизительно 7 % происшествий, в которых люди гибнут или их здоровью причиняется вред. Согласно нормативным источникам и концепции «нулевого видения» в долгосрочной перспективе именно таким событиям уделяют особое внимание, так как в результате их возникновения был нанесен вред здоровью или жизни человека. Тем не менее с учетом полученных результатов также требуется постоянный контроль за изменением данных, характеризующих количество ДТП без пострадавших.

Данные, представленные на рис. 6, показывают, что в целом по региону ситуация с распределением происшествий остается неизменной. В связи с целенаправленностью политики в области БДД на снижение числа погибших особое внимание в данном исследовании уделено таким составляющим области вероятности, как  $P(A1_1)$  и  $P(A2_1)$ , что выделено черным сегментом.

Для анализа установленного стратегически важного сегмента предлагается принять

в качестве общего показателя статистической вероятности наступления событий показатель  $P(A1)$ , приравняв его к новому показателю  $P(B)$ , что позволяет перейти в новую вероятностную область:

$$P(A1) = P(B). \quad (4)$$

В таком случае особое внимание будет уделено всем происшествиям, произошедшим в населенных пунктах, с учетом количественных показателей с пострадавшими и без пострадавших. Для продолжения дальнейшего исследования были рассмотрены поисковые запросы 3–9 (табл. 1), позволяющие установить наиболее аварийные объекты УДС в масштабах рассматриваемого региона. В данном случае общий математический вид определения вероятности наступления событий в населенных пунктах следующий:

$$P(B) = P(B1) + P(B2) + P(B3) +$$

$$P(B4) + P(B5) + P(B6) + P(B7) + P(B8), \quad (5)$$

где  $P(B)$  – статистическая вероятность наступления ДТП в населенном пункте;

$P(B1)$  – статистическая вероятность наступления ДТП на перегоне;

$P(B2)$  – статистическая вероятность наступления ДТП на регулируемом пешеходном переходе;

$P(B3)$  – статистическая вероятность наступления ДТП на нерегулируемом пешеходном переходе;

$P(B4)$  – статистическая вероятность наступления ДТП на регулируемом перекрестке;

$P(B5)$  – статистическая вероятность наступления ДТП на нерегулируемом перекрестке равнозначных дорог;



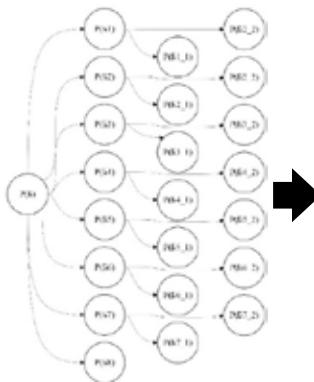


Рис. 7. Изображение составляющих вероятности возникновения ДТП в населенных пунктах Р(Б) по определенным объектам УДС [подготовлено авторами].

Таблица 3  
Полученные значения вероятностей для Р(Б)  
[подготовлено авторами]

Год	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
P(Б)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
P(Б1)	0,111	0,085	0,080	0,088	0,118	0,121	0,117
P(Б1_1)	0,007	0,008	0,013	0,013	0,016	0,012	0,014
P(Б1_2)	0,104	0,077	0,068	0,075	0,102	0,109	0,104
P(Б2)	0,007	0,007	0,006	0,010	0,013	0,015	0,014
P(Б2_1)	0,004	0,003	0,003	0,004	0,004	0,003	0,005
P(Б2_2)	0,003	0,004	0,003	0,005	0,009	0,011	0,010
P(Б3)	0,026	0,025	0,025	0,025	0,032	0,031	0,023
P(Б3_1)	0,009	0,012	0,012	0,013	0,014	0,013	0,013
P(Б3_2)	0,016	0,013	0,013	0,012	0,018	0,018	0,011
P(Б4)	0,050	0,059	0,059	0,066	0,076	0,073	0,066
P(Б4_1)	0,006	0,006	0,007	0,010	0,010	0,007	0,008
P(Б4_2)	0,044	0,053	0,052	0,055	0,066	0,066	0,059
P(Б5)	0,010	0,010	0,008	0,011	0,016	0,012	0,013
P(Б5_1)	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003	0,001	0,001
P(Б5_2)	0,009	0,009	0,007	0,009	0,013	0,011	0,011
P(Б6)	0,070	0,076	0,073	0,102	0,121	0,118	0,103
P(Б6_1)	0,008	0,010	0,012	0,019	0,017	0,018	0,015
P(Б6_2)	0,062	0,066	0,061	0,083	0,103	0,100	0,088
P(Б7)	0,008	0,014	0,015	0,018	0,014	0,014	0,009
P(Б7_1)	0,001	0,001	0,000	0,002	0,002	0,001	0,001
P(Б7_2)	0,007	0,013	0,015	0,016	0,012	0,013	0,008

P(Б6) – статистическая вероятность наступления ДТП на нерегулируемом перекрестке неравнозначных дорог;

P(Б7) – статистическая вероятность наступления ДТП на нерегулируемом пересечении с круговым движением;

P(Б8) – статистическая вероятность наступления ДТП на иных объектах УДС.

$P(Б1) = P(Б1_1) + P(Б1_2)$ ,  
где  $P(Б1_1)$  – статистическая вероятность наступления ДТП с пострадавшими на перегоне в НП;

P(Б1\_2) – статистическая вероятность наступления ДТП без пострадавших на перегоне в НП.

$P(Б2) = P(Б2_1) + P(Б2_2)$ ,  
где  $P(Б2_1)$  – статистическая вероятность наступления ДТП с пострадавшими на регулируемом пешеходном переходе в НП;

P(Б2\_2) – статистическая вероятность наступления ДТП без пострадавших на регулируемом пешеходном переходе в НП.

$P(Б3) = P(Б3_1) + P(Б3_2)$ ,  
где  $P(Б3_1)$  – статистическая вероятность наступления ДТП с пострадавшими на нерегулируемом пешеходном переходе в НП;

P(Б3\_2) – статистическая вероятность наступления ДТП без пострадавших на нерегулируемом пешеходном переходе в НП.

$P(Б4) = P(Б4_1) + P(Б4_2)$ ,  
где  $P(Б4_1)$  – статистическая вероятность наступления ДТП с пострадавшими на регулируемом перекрестке в НП;

P(Б4\_2) – статистическая вероятность наступления ДТП без пострадавших на регулируемом перекрестке в НП.

$P(Б5) = P(Б5_1) + P(Б5_2)$ ,  
где  $P(Б5_1)$  – статистическая вероятность наступления ДТП с пострадавшими на нерегулируемом перекрестке равнозначных дорог в НП;

P(Б5\_2) – статистическая вероятность наступления ДТП без пострадавших на нерегулируемом перекрестке равнозначных дорог в НП.

$P(Б6) = P(Б6_1) + P(Б6_2)$ ,  
где  $P(Б6_1)$  – статистическая вероятность наступления ДТП с пострадавшими на нерегулируемом перекрестке неравнозначных дорог в НП;

P(Б6\_2) – статистическая вероятность наступления ДТП без пострадавших на нерегулируемом перекрестке неравнозначных дорог в НП.

$P(B7) = P(B7\_1) + P(B7\_2)$ , (12)  
где  $P(B7\_1)$  – статистическая вероятность наступления ДТП с пострадавшими на нерегулируемом пересечении с круговым движением в НП;

$P(B7\_2)$  – статистическая вероятность наступления ДТП без пострадавших на нерегулируемом пересечении с круговым движением в НП.

$P(B8) = P(B8\_1) + P(B8\_2)$ , (13)  
где  $P(B8\_1)$  – статистическая вероятность наступления ДТП с пострадавшими на иных объектах УДС в НП;

$P(B8\_2)$  – статистическая вероятность наступления ДТП без пострадавших на иных объектах УДС в НП.

Следует отметить, что интерфейс программы АИУС ГИБДД позволяет подразделить объекты УДС на 29 видов, например, эстакада, путепровод, АЗС, внутридворовая территория и др. В рамках данного исследования детальный анализ выполнен по основным объектам, представленным в таблице поисковых запросов (табл. 1), остальные в данном случае отнесены к иным объектам. В дальнейшем общая структура будет расширена и аналогичным образом детально проанализирована.

В результате расчета были определены значения статистических вероятностей наступления ДТП, представленные в табл. 3. Взаимосвязь составляющих вероятности возникновения ДТП в населенных пунктах  $P(B)$  по определенным объектам УДС представлена на рис. 7.

В данном случае в рамках анализа (рис. 7, табл. 3) была рассмотрена новая область вероятностей  $P(B)$ , которая являлась полноценным рабочим полем со значением вероятности, равным 1. Общий вид полученных результатов представлен на рис. 8.

Анализ представленных данных позволяет установить, что в рассматриваемом субъекте на протяжении длительного периода (2016–2022 гг.) наиболее аварийными с точки зрения общего количества происшествий являются перегоны ( $P(B1)$ ), регулируемые перекрестки ( $P(B4)$ ) и нерегулируемые перекрестки равнозначных дорог ( $P(B6)$ ). Несмотря на общее снижение количества происшествий с пострадавшими, что отражено в официальной статистической базе данных, уровень аварийности на данных объектах остается на высоком уровне в сравнении с иными объектами

УДС. Аналогичная ситуация характерна и для происшествий без пострадавших. По результатам анализа количества ДТП с погибшими и ранеными наиболее аварийными также остаются перегоны ( $P(B1)$ ), регулируемые перекрестки ( $P(B4)$ ), нерегулируемые перекрестки равнозначных дорог ( $P(B6)$ ), но здесь высокая аварийность также наблюдается на нерегулируемых пешеходных переходах ( $P(B3)$ ). Одним из положительных аспектов перехода в вероятностную область является оценка общей динамики изменения аварийности исследуемых объектов, которая показывает, что доля происшествий, характерная для некоторых исследуемых объектов УДС, изменяется в относительно узком диапазоне, например, для регулируемых пешеходных переходов ( $P(B2)$ ), нерегулируемых перекрестков равнозначных дорог ( $P(B5)$ ) и нерегулируемых пересечений с круговым движением ( $P(B7)$ ).

## ВЫВОДЫ

В результате выполненного анализа была представлена основа разрабатываемого подхода к оценке показателей аварийности с использованием расширенного диапазона данных, позволяющая принять в учет показатели происшествий без пострадавших. С учетом направлений, активно реализуемых во всех без исключения субъектах Российской Федерации, и нацеленности на концепцию «нулевой смертности» это позволяет рассчитывать параметры показателей, связанных со снижением общего количества происшествий. В связи с этим разрабатываемый подход с последующей детализацией по всем показателям, представленным в общедоступной статистической базе данных, и данным, отраженным в АИУС ГИБДД, посредством задания сложных поисковых запросов и перевода абсолютных показателей в относительные с использованием вероятностных моделей позволит определить вес данных в общей системе и установить перечень рекомендуемых мероприятий по снижению ДТП для исследуемого субъекта.

В свою очередь последующая автоматизация представленного анализа позволяет оптимизировать процесс обработки показателей аварийности с учетом добавления в аналитическую модель факторов, оказывающих влияние на изменение рассматриваемых показателей, таких как:



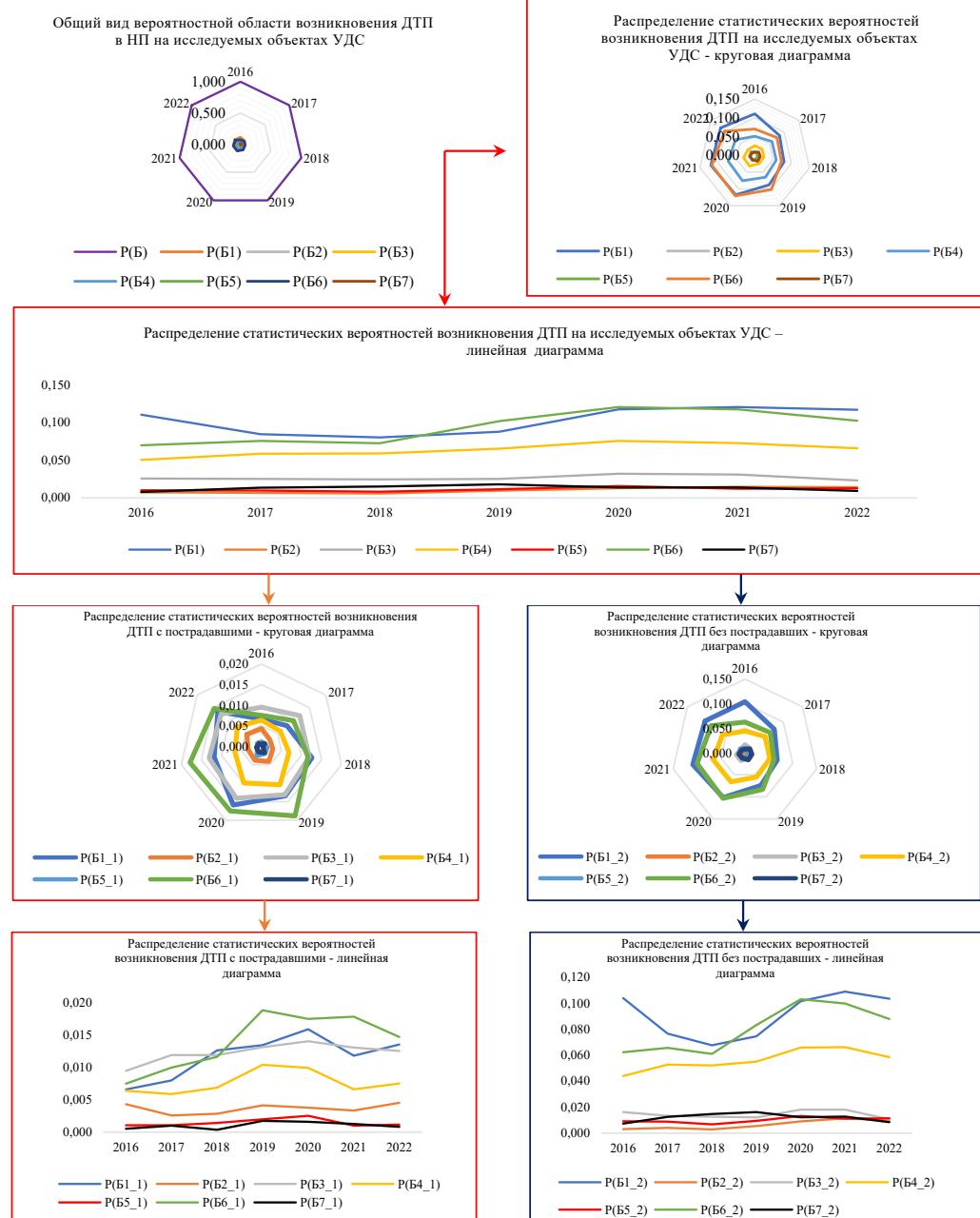


Рис. 8. Схема составляющих вероятностной области ДТП в населенных пунктах на исследуемых объектах УДС [подготовлено авторами].

- уровень автомобилизации в регионе;
- протяженность автомобильных дорог с твердым покрытием в регионе;
- оснащенность региона ИТС с учетом уровня зрелости;
- социально-экономическое положение региона и уровень инфляции;
- численность населения региона и его миграционная активность;

– демографические показатели и пр. Анализ указанных показателей в совокупности с показателями безопасности дорожного движения позволит прогнозировать достижение целевых ориентиров, закрепленных в национальных проектах и документах стратегического планирования, а также оценивать степень влияния тех или иных факторов при выработке государственной политики

в соответствующих областях. При осуществлении прогнозирования изменения ситуации в целом по региону может быть реализовано долгосрочное планирование реализации направлений и применения мероприятий для эффективного использования имеющихся ресурсов и формирования специализированных запросов для федерального уровня на получение новых, например, исполнительных элементов ИТС, программно-аппаратных комплексов, выполнения определенных видов работ, способствующих повышению БДД, и реализации иных направлений, что в совокупности станет основой для осуществления цифровой трансформации.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Майоров В. И. Реализация национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» и федерального проекта «Безопасность дорожного движения»: достижения, проблемы, перспективы // Безопасность дорожного движения. – 2023. – № 1 (28). – С. 12–15. EDN: SLCBEO.
2. Ишков А. М., Иванова А. Е., Бояршинов А. Л., Филиппова Н. А. Состояние безопасности дорожного движения в Арктической зоне Российской Федерации // Мир транспорта. – 2022. – Т. 20. – № 5 (102). – С. 66–75. EDN: DTJCQH. DOI: 10.30932/1992-3252-2022-20-5-8.
3. Батищева О. М., Ганичев А. И., Старикова А. Г. Факторы, влияющие на обеспечение безопасности дорожного движения в крупных городах // Вестник транспорта Поволжья. – 2023. – № 2 (98). – С. 110–115. EDN: DUXWGV.
4. Шевцова А. Г. Математический анализ определенных показателей безопасности дорожного движения в Российской Федерации // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2021. – Т. 18. – № 6 (82). – С. 700–711. EDN: LKBLPZ. DOI: 10.26518/2071-7296-2021-18-6-700-711.
5. Шевцова А. Г. Динамика реализации программы VISION ZERO в мировых странах // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – № 3 (74). – С. 35–42. EDN: LYTEUC. DOI: 10.33979/2073-7432-2021-74-3-35-42.
6. Зейналов Ф. Н. О применимости шведской программы повышения безопасности дорожного движения
7. Kim, E., Muennig, P., Rosen, Z. Vision zero: a toolkit for road safety in the modern era. Injury Epidemiology, 2017, Vol. 4, Iss. 1, pp. 1–9. DOI: 10.1186/s40621-016-0098-z.
8. Belin, M.-Å., Vedung, E., Tillgren, P. Vision Zero – a road safety policy innovation. International journal of injury control and safety promotion, 2012, Vol. 19, Iss. 2, pp. 171–179. DOI: 10.1080/17457300.2011.635213.
9. Ворошилов Н. В. Тенденции, проблемы и перспективы реализации национального проекта России «Безопасные качественные дороги» // Вопросы территориального развития. – 2022. – Т. 10. – № 2. EDN: LUYEOP. DOI: 10.15838/tdi.2022.2.62.3.
10. Новиков А. А., Савинова А. В., Казымов С. Р. Безопасные и качественные автомобильные дороги // Сила систем. – 2020. – № 3 (16). – С. 15–21. EDN: VCBVZQ.
11. Трофименко Ю. В., Григорьева Т. Ю., Шашнина Е. В. Методика обоснования мер по снижению аварий в системе «водитель – автомобиль – дорога – среда» // Безопасность в техносфере. – 2012. – Т. 1. – № 3. – С. 30–37. EDN: OYKJHF.
12. Салмин В. В., Нелищкова Е. А. Эвристический метод оценки состояния системы «водитель – автомобиль – дорога – среда» // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – № 1 (36). – С. 111–115. EDN: PUNLIR.
13. Воеводин Е. С., Фомин Е. В., Пульянова К. В. [и др.] Определение оптимальных параметров элементов системы «водитель – автомобиль – дорога – среда» // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22. – № 5 (136). – С. 240–250. EDN: XPSDUT. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-5-240-250.
14. Хайруллин Р. Р. Вопросы учета дорожно-транспортных происшествий в автоматизированных системах подразделений Госавтоинспекции // Вестник НЦБЖД. – 2017. – № 3 (33). – С. 140–145. EDN: ZIVYDD.
15. Порташников О. М., Кузнецов В. В., Горбатенко Д. С. Государственный учет показателей безопасности дорожного движения в ГИБДД Московской области: состояние, проблемы, взгляд в будущее // Вестник Московского университета МВД России. – 2017. – № 6. – С. 222–224. EDN: XSVGEF.
16. Турутин Е. Э. Применение информационных систем в сфере обеспечения безопасности дорожного движения // Вестник НЦБЖД. – 2018. – № 3 (37). – С. 106–113. EDN: UXAQFV.

### Информация об авторах:

**Евтуков Сергей Аркадьевич** – доктор технических наук, профессор, директор Института безопасности дорожного движения Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, Санкт-Петербург, Россия, s.a.ev@mail.ru.

**Зейналов Фазил Назим оглы** – кандидат юридических наук, доцент, начальник кафедры организации деятельности ГИБДД Орловского юридического института МВД Российской Федерации имени В. В. Лукьянова, Орел, Россия, fazil-z@yandex.ru.

**Митрошин Дмитрий Викторович** – начальник Федерального казенного учреждения «Научный центр безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел Российской Федерации», Москва, Россия, dmitroshin@mvd.ru.

**Новиков Александр Николаевич** – доктор технических наук, профессор, директор Политехнического института имени Н. Н. Поликарпова, заведующий кафедрой сервиса и ремонта машин Орловского государственного университета имени И. С. Тургенева, Орел, Россия, novikovan58@bk.ru.

**Шевцова Анастасия Геннадьевна** – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта, Белгородского государственного технологического университета имени В. Г. Шухова, Белгород, Россия, shevcova-anastasiya@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 15.11.2023, актуализирована 20.12.2023, одобрена после рецензирования 28.12.2023, принята к публикации 09.01.2024.





86



## Анализ нарушений экологических требований на автомобильных дорогах, приводящих к угрозам возникновения чрезвычайных ситуаций



Владимир МОШКОВ



Эдуард ЦХОВРЕБОВ



Сахиба КАЛАЕВА



Людмила КОРОЛЕВА

Владимир Борисович Мошков<sup>1</sup>, Эдуард Станиславович Цховребов<sup>2</sup>, Сахиба Зияддин кызы Калаева<sup>3</sup>, Людмила Анатольевна Королева<sup>4</sup>

<sup>1, 2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, Москва, Россия.

<sup>3</sup> Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Россия.

<sup>4</sup> Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, Санкт-Петербург, Россия.

<sup>4</sup> ORCID 0000-0001-5661-5774; Web of Science Researcher ID: HJZ-4255-2023; Scopus Author ID: 57395471000.

<sup>2</sup> [rebrovstanislav@rambler.ru](mailto:rebrovstanislav@rambler.ru)

### АННОТАЦИЯ

Актуальность проблем экологической безопасности в процессе реконструкции, ремонта, содержания автомобильных дорог общего пользования предопределена наличием большого количества транспортных аварий, а также опасных событий с крайне негативными экологическими и социально-экономическими последствиями для безопасности и благоприятных условий жизнедеятельности населения.

Цель исследования – определить параметры экологически безопасного проведения работ при реконструкции, ремонте, эксплуатации автомобильных дорог. Основными задачами работы были определены: комплексное обследование объектов проведения работ на автомобильных дорогах общего пользования; оценка соблюдения требований экологической безопасности при проведении различных видов работ; анализ нарушений требований экологического законодательства, причин, условий их возникновения, потенциаль-

ных угроз возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера в результате нарушения экологических требований; проработка комплекса мероприятий по обеспечению требований экологической безопасности, предупреждению чрезвычайных ситуаций и их опасных последствий для окружающей среды и безопасной жизнедеятельности населения.

Результатом проведенного исследования стал обоснованный в результате анализа экологической ситуации перечень мероприятий по обеспечению требований экологической безопасности при ремонте, реконструкции, содержании автомобильных дорог.

Результаты работы были представлены 29.08.2023 в г. Вологда на научной секции теоретической части ежегодных учений Росавтодора по обеспечению транспортной безопасности, предупреждению чрезвычайных ситуаций.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, транспортные аварии, автомобильные дороги, ремонт, содержание, чрезвычайные ситуации.

**Для цитирования:** Мошков В. Б., Цховребов Э. С., Калаева С. З. К., Королева Л. А. Анализ нарушений экологических требований на автомобильных дорогах, приводящих к угрозам возникновения чрезвычайных ситуаций // Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 86–92. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-11>.

Полный текст статьи в переводе на английский язык публикуется во второй части данного выпуска.  
English translation of the full text of the article is published in the second part of the issue.

## ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение экологической безопасности транспортного комплекса и дорожно-транспортной инфраструктуры имеет первостепенное значение для обеспечения устойчивого социально-экономического развития нашей страны.

Общегосударственная значимость этих вопросов отражены в Стратегии национальной безопасности Российской Федерации, Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, Стратегии экологической безопасности России на период до 2025 года.

Автомобильный транспорт и автодорожная инфраструктура служат массовым источником негативного воздействия на окружающую среду. Наиболее пристального внимания заслуживают проблемы загрязнения природной среды производственными и коммунальными отходами, неочищенными сточными водами, выбросы в атмосферный воздух различных аэрозолей твердых частиц, газообразных соединений.

В целях комплексного исследования состояния деятельности в области мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций техногенного характера с неблагоприятными экологическими последствиями, соблюдения требований экологической безопасности при ремонте и эксплуатации автомобильных дорог общего пользования летом 2023 года проведены выездные межведомственные мероприятия по обследованию состояния экологической безопасности объектов реконструкции, эксплуатации и ремонта, баз дорожной техники и складирования материалов, предотвращению аварийных и чрезвычайных ситуаций экологического характера, их неблагоприятных последствий для жизнедеятельности населения, объектов экономики, состояния окружающей среды.

По результатам натурного исследования состояния экологической безопасности на автомобильных дорогах общего пользования остро встал вопрос об актуальности разработки комплекса мер по предупреждению возможных чрезвычайных ситуаций техногенного характера, вызванных экологическими угрозами из-за нарушений природоохранных и санитарных требований, норм, правил при реконструкции, ремонте и содержании объектов дорожно-транспортной инфраструктуры, что явилось целью данного исследования.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалами для проведения исследования явились опубликованные труды ученых, специалистов, исследователей в области экологической безопасности на транспорте [1–5], транспортной безопасности, предупреждения транспортных аварий, связанных с ними чрезвычайных ситуаций техногенного характера, анализа экологических правонарушений при реконструкции, ремонте, эксплуатации автомобильных дорог [6–10], результаты собственных исследований в области обеспечения экологической безопасности и охраны окружающей среды на транспорте, ресурсосбережения, безопасного обращения с отходами и вторичными ресурсами на транспортных и иных предприятиях [11–15].

Концепция настоящего исследования базируется на приоритетных направлениях государственной политики в области обращения с отходами, а также мониторинга, прогнозирования, предупреждения и своевременной ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, общепринятых в мировом сообществе принципах Zero waste («ноль отходов»), Circular Economy (экономика замкнутого цикла) [16–20].

Методика исследования включает в себя системный анализ, статистическую обработку полученных в результате систематизации и обобщения данных экологического состояния транспортных объектов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На первом этапе исследования обобщены и систематизированы материалы комплексных обследований территорий реконструкции, ремонта, эксплуатации автомобильных дорог, полученные в ходе обследования по специально разработанной форме (табл. 1).

После систематизации и обобщения материалов обследования дорожно-транспортной инфраструктуры авторами осуществлен анализ нарушений требований экологического законодательства при проведении работ на автомобильных дорогах, приводящих к опасным авариям, техногенным чрезвычайным ситуациям (на основе сбора и систематизации данных по ремонту и эксплуатации дорожно-транспортной инфраструктуры и содержанию вспомогательных объектов).

В ходе проведения мероприятия выявлен ряд природоохранных нарушений, в первую очередь, характерных для эксплуатации баз

- Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 86–92





Таблица 1

**Форма обследования объектов на соответствие требованиям санитарного и экологического законодательства (фрагмент)**

Содержание требования	
<b>1. Обращение с опасными отходами</b>	
Накопление отходов допускается только в местах (на площадках) накопления отходов, соответствующих требованиям законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения, законодательства Российской Федерации.	
Специальные площадки временного складирования, накопления материалов, сырья, полуфабрикатов, отходов обвалованы, оборудованы противофильтрационными экранами, защитной гидроизоляцией, имеют ограждение по периметру площадки, размещены вне пределов водосборных площадей поверхностных и подземных водных объектов, земельных участков, покрытых почвенным растительным слоем.	
Не допускается хранение сыпучих и летучих материалов, веществ, отходов в открытом виде (навалом) в помещениях, на стройплощадках без применения средств пылеподавления	
Загрузка и выгрузка жидкого сырья и материалов осуществляются по закрытым коммуникациям с использованием самотека, насосов.	
Хранение, перемещение сыпучих материалов, отходов осуществляется в надежно закрытых влагонепроницаемых, химически стойких мешках.	
Процесс наполнения емкостей, сборников, мерных сосудов токсичными жидкостями снабжен системами сигнализации о максимально допустимом уровне их заполнения, контроля их содержания с помощью уровнемеров.	
Очистка, мойка загрязненных емкостей, колес автотранспорта производится на специально оборудованных системой сбора загрязненных сточных вод с их последующей очисткой, ливневой канализацией на площадках.	
Запрещаются: сброс отходов производства и потребления, в том числе радиоактивных отходов, в поверхностные и подземные водные объекты, на водосборные площади, в недра и на почву	
Организация транспортирования отходов осуществляется при следующих условиях: наличие паспорта отходов I–IV класса опасности; наличие документации для транспортирования и передачи отходов, оформленной в соответствии с правилами перевозки грузов с указанием количества транспортируемых отходов, цели и места назначения их транспортирования; соблюдение требований безопасности к транспортированию отходов транспортными средствами; наличие на ТС, контейнерах, цистернах, используемых при транспортировании отходов, специальных отличительных знаков, обозначающих определенный класс опасности отходов.	
<b>2. Охрана водных ресурсов</b>	
В границах водоохранных зон запрещаются: – размещение объектов размещения отходов производства и потребления, химических, токсичных, ядовитых веществ; – движение и стоянка транспортных средств, за исключением их движения по дорогам и стоянки на дорогах и в специально оборудованных местах, имеющих твердое покрытие; – строительство и реконструкция автозаправочных станций, складов горюче-смазочных материалов, станций технического обслуживания, используемых для технического осмотра и ремонта транспортных средств, осуществление мойки транспортных средств; – сброс сточных, в том числе дренажных, вод.	
Сброс в водные объекты и захоронение в них отходов производства и потребления запрещаются.	
В границах зон затопления, подтопления запрещаются: 1) строительство объектов капитального строительства, не обеспеченных сооружениями и (или) методами инженерной защиты территорий и объектов от негативного воздействия вод; 3) размещение объектов размещения отходов производства и потребления, химических, взрывчатых, токсичных веществ.	
<b>3. Охрана земельных ресурсов</b>	
Собственники земельных участков и лица, не являющиеся собственниками земельных участков, обязаны: осуществлять мероприятия по охране земель, лесов, водных объектов и других природных ресурсов, меры пожарной безопасности; не допускать загрязнение, истощение, деградацию, порчу, уничтожение земель и почв, иное негативное воздействие на земли и почвы.	

дорожной техники, складирования материалов и конструкций, мини-городков для ремонтно-эксплуатационного персонала. Большая часть подобного рода объектов эксплуатируется подрядчиками, реализующими различные виды ремонта и содержания дорожно-транспортной инфраструктуры.

Большинство из этих нарушений (отдельно или в комплексе) в случае неблагоприятных погодных условий или иных нарушений правил эксплуатации и ремонта могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций техногенного характера в формате подпадания под критерии отнесения событий



к чрезвычайным ситуациям природного и техногенного характера, утвержденных Приказом МЧС России от 05.07.2021 № 429 «Об установлении критерии информации о чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера».

Одними из наиболее часто встречающихся нарушений экологических и санитарных требований на объектах реконструкции, ремонта, содержания автомобильных дорог являются:

- локальное захламление территории строительными, производственными и коммунальными отходами;
- загрязнение земель на территории объекта нефтепродуктами;
- ремонт техники на открытых площадках с проливами нефтепродуктов;
- хранение емкостей с отработанными маслами без поддона в открытом состоянии на грунтовых покрытиях или на почвенном покрове;
- складирование на открытой площадке без обваловки и навеса загрязненного нефтепродуктами, иными химическими соединениями металлом, полимерных изделий, узлов и деталей, а также снятого загрязненного асфальтобетонного покрытия в виде кусковых остатков, крошки, пыли.

Перечисленные отходы отнесены к 3–4 классу опасности, то есть представляют опасность для окружающей среды в случае попадания с поверхностными (ливневыми, тальми)

сточными водами по уклонам территории и через систему водоотводных канав, либо под воздействием ветра на водосборные площади водных объектов и на почвенный покров.

Не проведены технические мероприятия по обваловке территории, организации сбора, очистке поверхностных сточных вод, исключающие загрязнение природной среды (почвенного покрова, водных объектов) взвешенными веществами, солями металлов, органическими соединениями, нефтепродуктами, поверхностно-активными веществами.

В этих случаях возникает потенциальная угроза превышения предельно-допустимых концентраций загрязняющих веществ 3–4 класса опасности, попадающих со стоками в водные объекты и на почву – более чем в 50 раз.

Экологическая опасность также может проявиться в случае частичного подтопления территорий объектов при сильном дожде или в период весеннего половодья в результате активного снеготаяния. В случае установления превышения ПДК неблагоприятная ситуация, в соответствии с критериями отнесений событий к ЧС, характеризуется в качестве аварийной с выбросом и сбросом загрязняющих веществ в окружающую среду на объектах дорожно-транспортной инфраструктуры.

К другим выявленным нарушениям, несущим потенциальную экологическую опасность, отнесены:

- загрязненность твердым осадком и нефтепродуктами (пленкой) пункта мойки авто-





мобильного транспорта, нерегулярная откачка промывочных вод;

– отсутствие пунктов мойки колес со сбором стока и его вывозом по договору или очисткой при ремонтных работах на автодорогах;

– загрязненность придорожных водоотводных канав;

– нарушение правил раздельного сбора и временного накопления отработанных моторных масел, аккумуляторов, лома металлов, спиленной и выкорчеванной древесно-кустарниковой растительности, пней, стволов деревьев, замасленного песка;

– нерегулярный вывоз отходов, способствующий переполнению контейнеров и загрязнению территорий объектов;

– необеспеченный отвод вод (застой воды, образование локальных зон накопления вод) в ходе и по окончании проведения ремонтных работ вдоль полосы отвода;

– отсутствие данных об исследованиях неочищенных поверхностных сточных вод, поступающих на водосборные площади и на почву;

– складирование снятого растительного почвенного покрова без принятия технических мер по защите от распыления и вымывания.

В ряде случаев на границе санитарно-защитной зоны размещения производственных баз ремонта и эксплуатации автодорожной техники, временных городков проживания ремонтных рабочих травостой превышает 25 см. При условии жаркой погоды, неосторожного обращения с огнем и с учетом наличия разбросанных горючих древесных, полимерных, картонно-бумажных отходов, недостаточной изоляции складов горючих материалов, несоблюдения противопожарных правил теоретически возможно локальное возгорание объектов с переходом неблагоприятной пожароопасной ситуации в чрезвычайную техногенную.

Должным образом не проводится разъяснительная работа по вопросам предупреждения чрезвычайных ситуаций и их опасных последствий для жизнедеятельности и окружающей среды с работающими. По результатам социологических обследований и анализа нормативно-технической документации выявлено, что план природоохранных мероприятий не разрабатывался и не доводился до сотрудников, не имеется достаточного представления ни о ведомственном экологическом

контроле, мониторинге природных и техногенных ЧС, ни о производственном контроле в области обращения с отходами, не закреплены сотрудники, отвечающие за экологически безопасный раздельный сбор и изолированное хранение опасных отходов производства и потребления.

## ОБСУЖДЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Таким образом, выявлены предпосылки и причины зарождения экологической опасности на объектах реконструкции, ремонта, содержания автомобильных дорог общего пользования, непринятие должных мер по предупреждению, снижению которой может привести к возникновению чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

В целях обеспечения экологической безопасности этих техносферных территорий предлагается комплекс организационно-технических мероприятий.

1. Разработка комплексного плана природоохранных мероприятий с разделом предупреждения ЧС при обращении с отходами, а также в процессе эксплуатации объектов, связанных с негативным воздействием на окружающую среду с указанием сроков исполнения и ответственных.

2. Проработка вопроса об отводе загрязненного поверхностного стока с последующей очисткой либо аккумулированием в отстойниках с последующим вывозом на специальные предприятия по переработке, имеющие лицензию на утилизацию этих видов отходов.

3. Организация системы производственного экологического контроля, мониторинга, включая производственный контроль и мониторинг обращения с опасными отходами производства и потребления.

4. Периодическое проведение независимых экологических обследований объектов дорожно-транспортной инфраструктуры с учетом потенциальных экологических угроз и транспортных аварий (лето – жаркая погода, лето-весна – сильные дожди, снеготаяние – весна, скользкость – зимний период).

5. Подготовка соответствующих рекомендаций об установлении в проектах производства работ конкретных санитарных и экологических мероприятий, которые подлежат контролю на этапах строительства, реконструкции, ремонта и по их окончании, на этапе ввода в эксплуатацию объектов.



Рис. 1. Предлагаемые моделируемые ситуации при отработке мер по предупреждению ЧС на автомобильных дорогах [выполнено авторами].

6. Проработка вопроса о консолидации, унификации системы экологических требований в рамках действующего природоохранного законодательства в отдельный раздел документов по стандартизации, методических документов, регламентирующих процессы реконструкции, капитального и текущего ремонта, содержания объектов дорожно-транспортной инфраструктуры.

7. Привлечение научно-исследовательских учреждений к решению проблем обеспечения экологической безопасности, предупреждению техногенных ЧС.

В качестве предложения по развитию межотраслевого, межведомственного взаимодействия в области предупреждения аварий и ЧС с опасными экологическими последствиями на автомобильных дорогах считается целесообразным организация и проведение межведомственных учений по вопросам обеспечения экологической безопасности, предупреждения техногенных ЧС с экологическими последствиями на автомобильных дорогах.

В состав основных задач таких учений определены наиболее характерные, которые приводят или могут приводить к возникновению аварий, ЧС техногенного характера с опасными социально-экономическими, экологическими и иными последствиями (рис. 1).

Отрабатываемая первая задача – предупреждение аварий и техногенных ЧС с экологическими последствиями, вызванных нарушением правил перевозок опасных грузов, включая опасные отходы производства и потребления, включает в себя подзадачи по видам транспортируемых грузов:

- а) нефтепродукты;
- б) химические опасные жидкые вещества;
- в) химически опасные газообразные соединения;
- г) жидкие токсичные отходы;
- д) твердые коммунальные отходы;
- е) строительные отходы;
- ж) сыпучие минеральные отходы;
- з) отходы электронного и электротехнического оборудования;
- и) отходы аккумуляторов.

Реализация второй задачи охватывает предупреждение техногенных ЧС, вызванных комплексным воздействием природных (опасные гидрологические и метеорологические явления и процессы: паводки, затопления, подтопления, сильный ветер и пр.) и техногенных факторов (нарушение экологических и санитарных требований ремонта, содержания, эксплуатации: загрязненность территории производственно-ремонтных баз химическими веществами, нефтепродуктами, отходами).



Выполнение этих задач, по мнению авторов, с одной стороны, будет способствовать повышению уровня защищенности природной среды и жизнедеятельности населения от угроз экологической опасности, с другой, будет способствовать укреплению межведомственного, межотраслевого, межсубъектного взаимодействия по решению этих актуальных вопросов.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Аксенов И. А., Аксенов В. И. Транспорт и охрана окружающей среды. – М.: Транспорт, 1986. – 176 с. EDN: SWQCUB.
- Петросян Т. О., Сидоренко В. Ф. Экологическая безопасность автомобильных дорог // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного ун-та. – 2012. – № 28 (47). – С. 332–336. EDN: NQYPYC.
- Синякова М. Г., Крылов А. В. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций на автодорогах субъекта РФ: опыт и проблемы // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). – 2019. – № 10 (67). – С. 42–44. EDN: LBJUHG.
- Дурнев Р. А. Твердохлебов Н. В. Предупреждение транспортных коллапсов на автомобильных дорогах зимой и ликвидация их последствий – дело общее // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2013. – № 2. – С. 56–58. EDN: SCNRXL.
- Лукашевич О. Д., Лукашевич В. Н. Пути повышения экологической безопасности при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2020. – Т. 22. – № 5. – С. 200–210. DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-5-200-210.
- Подгорнова Н. А. Экологические проблемы автомобильного транспорта и пути решения // Молодой ученый. – 2016. – № 22.2 (126.2). – С. 48–50. EDN: WZVUYR.
- Chomaeva, M. N. Motor transport and its impact on the ecological situation in urban areas. International Journal of Humanities and Natural Sciences, 2020, Vol. 3–1 (42), pp. 6–10. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10193.
- Автомобильные дороги: безопасность, экологические проблемы, экономика: Российско-Германский опыт / под ред. В. Н. Луканина, К.-Х. Ленца. – М.: Логос, 2002. – 607 с. ISBN 5-94010-190-9.
- Мирзоева Ф. М., Шекихачева З. З. Проблемы экологической обстановки на автомобильном транспорте в Российской Федерации // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–12. – С. 2665–2668. EDN: FBXPEA.
- Сердюкова А. Ф., Барабанчиков Д. А. Влияние автотранспорта на окружающую среду // Молодой ученый. – 2018. – № 25. – С. 31–33. [Электронный ресурс]: <https://moluch.ru/archive/211/51591/>. Доступ 22.01.2024.
- Tskhovrebov, E., Velichko, E., Niyazgulov, U. Planning Measures for Environmentally Safe Handling with Extremely and Highly Hazardous Wastes in Industrial, Building and Transport Complex. Materials Science Forum, 2019, Vol. 945, pp. 988–994. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.945.988.
- Цховребов Э. С., Ниязгулов У. Д. Регулирование деятельности по обращению с отходами и вторичными ресурсами // Мир транспорта. – 2019. – Т. 17. – № 1 (80). – С. 192–201. DOI: 10.30932/1992-3252-2019-17-1-192-201.
- Кожуховский И. С., Величко Е. Г., Целыковский Ю. К., Цховребов Э. С. Организационно-экономические и правовые аспекты создания и развития производственно-технических комплексов по переработке золотошлаковых отходов в строительную и иную продукцию // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14. – Вып. 6. – С. 756–773. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.6.756-773 /.
- Цховребов Э. С. Эколого-экономические аспекты планирования размещения и проектирования промышленных объектов по обработке, утилизации, обезвреживанию отходов // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13. – № 11 (122). – С. 1326–1340. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.11.1326-1340.
- Цховребов Э. С. Формирование региональных стратегий управления обращением с вторичными ресурсами // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14. – № 4 (127). – С. 450–463. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.4.450-463.
- Elgizawy, S., El-Haggar, S., Nassar, K. Slum Development Using Zero Waste Concepts: Construction Waste Case Study. Procedia Engineering, 2016, Vol. 145, pp. 1306–1313. DOI: 10.116/j.proeng.2016.04.168.
- Domenech, T., Bahn-Walkowiak, B. Transition Towards a Resource Efficient Circular Economy in Europe: Policy Lessons from the EU and the Member States, Ecological Economics, 2019, Vol. 155, pp. 7–19. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2019.11.001.
- Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Resources, Conservation & Recycling, 2017, Iss. 127, 9. DOI: 10.1016/j.resconrec.2017.09.005.
- Hart, J., Adams, K., Giesekam, J., Tingley D. D. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment. Procedia CIRP, 2019, Iss. 80, pp. 619–624. DOI: 10.1016/j.procir.2018.12.015.
- Hertwich, E., Lifset, R., Pauliuk, S., Heeren, N. Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future. A Report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Kenya, 2020. [Электронный ресурс]: <https://www.unep.org/resources/report/resource-efficiency-and-climate-change-material-efficiency-strategies-low-carbon>. Доступ 22.01.2024.

### Информация об авторах:

**Мошков Владимир Борисович** – кандидат экономических наук, доцент, заместитель начальника ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (федеральный центр науки и высоких технологий), Москва, Россия, [vniigochs@vniigochs.ru](mailto:vniigochs@vniigochs.ru).

**Цховребов Эдуард Станиславович** – кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (федеральный центр науки и высоких технологий), Москва, Россия, [rebrovstanislav@rambler.ru](mailto:rebrovstanislav@rambler.ru).

**Калаева Сахиба Зияддин кызы** – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой охраны труда и природы Ярославского государственного технического университета, Ярославль, Россия, [kalaevasz@mail.ru](mailto:kalaevasz@mail.ru).

**Королева Людмила Анатольевна** – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева; ведущий научный сотрудник лаборатории экологии транспортных систем Института проблем транспорта им. Н. С. Соловенко РАН, Санкт-Петербург, Россия, [lyudamil@mail.ru](mailto:lyudamil@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 09.11.2023, одобрена после рецензирования 17.01.2024, принята к публикации 22.01.2024.



## ТРАНСПОРТНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ 94

Интеллектуальные системы  
и подготовка транспортников:  
многоаспектные перспективы.

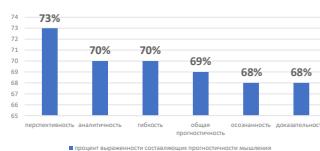


## ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ



## ПОДГОТОВКА АВИАДИСПЕТЧЕРОВ 100

Результаты тестирования  
прогностических способностей  
и прогнозирование поведения  
в конфликте.

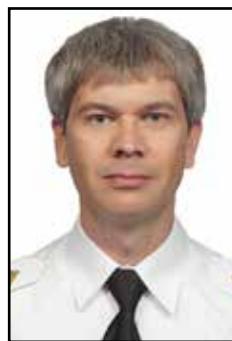




# Интеллектуальные системы управления и университетские комплексы транспортной отрасли: тренды и перспективы



Ольга АНДРЕЕВА



Евгений ХЕКЕРТ



Мария СОМКО



Алексей ЕПИХИН

Ольга Владимировна Андреева<sup>1</sup>, Евгений Владимирович Хекерт<sup>2</sup>, Мария Леонидовна Сомко<sup>3</sup>, Алексей Иванович Епихин<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону, Россия.

<sup>2, 3, 4</sup> Государственный морской университет им. Ф. Ф. Ушакова, Новороссийск, Россия.

<sup>2</sup>ORCID 0000-0003-0953-3949; Web of Science Researcher ID: AAL-1290-2021; Scopus Author ID: 57320865700; РИНЦ Author ID: 765031.

<sup>3</sup> ORCID 0000-0003-3683-6363; Scopus Author ID: 57321335100; РИНЦ Author ID: 941005.

<sup>4</sup>ORCID 0000-0001-8086-536X, Web of Science Researcher ID: X-2415-2018; Scopus Author ID: 57321825100; РИНЦ Author ID: 830732.

✉ <sup>2</sup>bsmbeton@mail.ru.

## АННОТАЦИЯ

Статья посвящена выявлению наиболее вероятных перспектив применения интеллектуальных систем в университетских комплексах российской системы транспортного образования.

Методологическая база исследования выстроена в рамках системно-функционального и программно-целевого подходов с применением поступатов концепции цифровой экономики в ее современных интерпретациях. Методический аппарат исследования представлен комплексом общелогических методов (анализ, синтез, аналогия), теоретических методов (классификация и гипотетический метод), эмпирических методов (наблюдение, моделирование, измерение, описание) и специфических методов (современные методы аналитики, интерпретации и визуализации данных, в т.ч. PowerBI).

В рамках исследования систематизированы приоритетные тренды и тенденции развития интеллектуальных технологий в управлении университетскими комплексами, а также показано, что корректная идентификация направления развития не должна ограничиваться только анализом мегатрендов, но и дополняться учетом специфики материально-технического обеспечения образовательного процесса в транспортных вузах.

В результате проведенного исследования определены наиболее значимые перспективы интеллектуализации систем управления в образовательных организациях транспортного комплекса.

**Ключевые слова:** интеллектуальные системы управления, университетские комплексы, транспортное образование, мегатренды, цифровая трансформация, киберфизические тренажеры.

**Для цитирования:** Андреева О. В., Хекерт Е. В., Сомко М. Л., Епихин А. И. Интеллектуальные системы управления и университетские комплексы транспортной отрасли: тренды и перспективы // Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 94–99. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-12>.

**Полный текст статьи в переводе на английский язык публикуется во второй части данного выпуска.**  
**English translation of the full text of the article is published in the second part of the issue.**

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследуемой проблематики обусловлена тем, что интеллектуализация систем управления на транспорте, форсированная развитием цифровой экономики, требует выявления трендов и перспектив применения интеллектуальных систем управления в университетских комплексах транспортной отрасли. Транспорт является системным интегратором всей хозяйственной системы, оказывающим существенное влияние на формирование добавленной стоимости в стране. Мегатрендом развития глобального рынка стало применение искусственного интеллекта и интеллектуальных систем в управлении, что, в свою очередь, влечет за собой возникновение потребности в подготовке кадров с соответствующими компетенциями. Лояльность и восприимчивость работников транспортного комплекса к новейшим технологиям следует формировать уже на уровне образовательной организации.

Высшее образование в сфере транспорта является специфической подсистемой российской системы образования. Самобытность и уникальность системы подготовки кадров транспортной отрасли детерминирована высокими требованиями к уровню подготовки выпускников, поскольку именно от уровня развития компетенций зависит выполнение фундаментальных требований к транспортной системе – к ее безопасности и надежности. Модернизация институционально-правовых основ функционирования российской системы профессионального образования обусловлена, прежде всего, повышением требований к уровню практической подготовки выпускников, что продиктовано объективной необходимостью формирования специалистов, способных обеспечить переход российской экономики к новому технологическому укладу. Систему транспортного образования отличает высокий уровень технологизации образовательного процесса, что, в свою очередь, предопределяет вынужденно высокий уровень адаптивности образовательных организаций к вызовам внешней среды [1; 2]. Сформировавшийся тренд интеллектуализации систем управления в хозяйственной системе требует дополнительных исследований с позиций выбора оптимальных траекторий развития университетских комплексов в транспортной отрасли.

## МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено с использованием следующих открытых и проверяемых источников:

- данные о применении интеллектуальных систем в образовании, агрегированные в рамках

проекта «Глобальный ландшафт образования»; открытые данные представлены на официальном сайте компании Holon IQ и представляют собой результаты машинной обработки метаданных об образовательных технологиях, используемых в глобальном пространстве, и основанные на них результаты предиктивной аналитики;

- данные о состоянии, тенденциях и перспективах развития глобального рынка транспортного образования, представленные в научных и научно-прикладных публикациях, включенных в реферативные базы Scopus и Web of Science, за период 2015–2024 гг. [3–6];

- данные о состоянии, тенденциях и перспективах развития российской системы транспортного образования, представленные в научных и научно-прикладных публикациях, включенных в РИНЦ, за период 2015–2024 гг.;

- данные об образовательных программах профессионального образования, обеспечивающих подготовку специалистов в сфере транспорта различных уровней квалификации, представленных на официальных сайтах образовательных организаций ЕАЭС;

- данные Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, включая сведения из мониторингов;

- данные Министерства транспорта Российской Федерации;

- данные открытых публикуемых рейтингов образовательных организаций.

Методический аппарат исследования представлен комплексом общелогических методов (анализ, синтез, аналогия), теоретических методов (классификация и гипотетический метод), эмпирических методов (наблюдение, моделирование, измерение, описание) и специфических методов (современные методы аналитики, интерпретации и визуализации данных, в т. ч. PowerBI).

Методологическая база исследования выстроена в рамках системно-функционального и программно-целевого подходов с применением постулатов концепции цифровой экономики в ее современных интерпретациях.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Интеллектуальные системы в управлении – мегатренд развития глобального рынка образования

Обработка данных, представленных в рамках проекта «Глобальный ландшафт образования» Holon IQ<sup>1</sup>, позволила кластеризовать все

<sup>1</sup> Справочник «Глобальный ландшафт образования 2024». Global Learning Landscape. – HolonIQ 2024. [Электронный ресурс]: <https://www.holoniq.com/notes/2024-global-education-outlook>. Доступ 22.01.2024.

• Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 94–99





**Рис. 1. Глобальный рынок образования, 2019–2025 (прогноз), млрд долл.**  
**(Мировой рынок онлайн-образования в период пандемии. Данные ресурса Liberty marketing. [Электронный ресурс]: <https://express.liberty7.ru/blog/global-online-education-during-pandemic>. Доступ 18.02.2024).**

**Таблица 1**

**Опыт применения ИИ-систем в различных кластерах EdTech [составлено авторами по<sup>1</sup>]**

№	Кластер EdTech	Применение ИИ
	Знания и контент	+
	Кадры и таланты	+
	Международное образование	+
	Новые модели образования	+
	Ассесмент	+
	Поддержка образовательного процесса	+
	Практико-ориентированное обучение	+
	Традиционные модели образования	-
	Трудоустройство и вакансии	+
	Управление образованием	+

существующие образовательные технологии в десять основных кластеров. В рамках данного исследования было рассмотрено более 300 образовательных технологий с целью определения степени интеллектуализации процедур машинной обработки данных. В результате установлено, что в девяти кластерах из десяти уже возможно применение искусственного интеллекта (далее – ИИ) (таблица 1).

Поскольку системы искусственного интеллекта обладают колоссальным потенциалом в части эффекта масштаба, постольку можно предположить, что использование интеллектуальных систем управления в образовательной деятельности остается лишь вопросом времени. Отметим, что отдельного исследования требует проблематика подготовки персонала к грядущим изменениям в части развития необходимых компетенций. Однако абсолютно очевидно, что использование функционала ИИ-систем становится обязательным условием для обеспечения необходимого уровня сервисизации образовательных продуктов, обеспечения реальной индивидуализации образовательной траектории и координации запросов рынка

труда и систем «тонкого тюнинга» специалистов.

В исследовании мегатрендов немаловажным представляется анализ финансовой емкости глобального рынка образовательных услуг и темповых характеристик его развития (рис. 1).

Самые высокие темпы роста прогнозируется в рамках сегмента онлайн-образования: к 2025 году прогнозируется рост в 2,6 раза – с 50,7 млрд долл. до 130,3 млрд долл. Это позволяет говорить о высочайшей значимости современного обеспечения готовности транспортных университетских комплексов к выходу на международный рынок образовательных услуг. При этом, начиная с 2021 года, акцент смещается с глобального уровня на региональный: основной полюс экономического роста сейчас уверенно формируется в странах ЕАЭС. В связи с этим объединение интеллектуального капитала и цифровых технологий для обеспечения «бесшовной» образовательной среды закономерно приобретает приоритетный ранг при формировании стратегий развития транспортных университетов. Это дает возможность обеспечить проактивную («опережающую») актуализацию учебно-лабораторной и тренажерной базы, причем, с учетом обозначенного мегатренда, в направлении расширения практики использования ИИ-систем и киберфизических тренажеров. «Бесшовность» образовательной среды создает прочный фундамент для возможности построения «бесшовных» транспортных коридоров в условиях становления нового порядка мироустройства – многополярного глобального мира.

**Институционально-правовые основы интеллектуализации элементов материально-технического обеспечения российской системы транспортного образования**

Новейший этап развития российской системы транспортного образования наиболее ярко характеризуется:

- во-первых, требованиями к обязательному наличию развитого материально-технического обеспечения в части «учебно-тренажерной базы, в том числе транспортных средств и тренажеров»<sup>2</sup>;

- во-вторых, импликацией проактивного подхода в программный документ, предопределяющий приоритетные траектории развития отраслевой системы образования<sup>3</sup>, в частности, использование киберфизических тренажеров

<sup>2</sup> Ч. 6 ст. 85 Федерального закона от 29.12.2012 N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».

<sup>3</sup> Распоряжение Правительства РФ от 06.02.2021 № 255-р «Об утверждении Концепции подготовки кадров для транспортного комплекса до 2035 года».

и разработку образовательных программ под «профессии будущего»;

- в-третьих, необходимостью проведения ускоренной цифровой трансформации университетских комплексов транспортной отрасли в интересах обеспечения реализации приоритетных национальных целей.

Обозначенные институционально-правовые основы требуют от университетских комплексов транспортной отрасли сбалансированного сочетания человеческого капитала и технико-технологической инфраструктуры. Человеческий капитал университетского комплекса традиционно декомпозируется в руководящие кадры (управленческую команду), профессорско-преподавательский состав, научных работников и учебно-вспомогательный состав. Результативность всех групп работников уже в настоящее время определяется уровнем развития их цифровых компетенций и способности к применению ИИ-систем. Так, система прокторинга, применяемая при проведении аттестационных испытаний в дистанционной форме, является наиболее распространенной из числа интеллектуальных систем, сопровождающих современный образовательный процесс.

### **ИИ-трансформация материально-технического обеспечения образовательного процесса в университетских комплексах транспортной отрасли**

Задача унификации в условиях взрывного развития интеллектуальных систем управления перестает быть сверхзадачей только для интеллекта человека. Использование ИИ, в том числе машинного обучения и аналитики больших данных, способно существенно облегчить работу по систематизации, кластеризации и исследованию различий в требованиях к специалистам, занятым в транспортной отрасли. Помимо этого, в ряде стран уже есть успешный опыт индивидуализации профессиональной траектории на основе машинной обработки данных об уровне профессиональной подготовки специалиста: после прохождения процедур ассесмента образовательная траектория, необходимая для обеспечения требуемого квалификационного уровня, формируется автоматически [7].

Уровень развития инфраструктуры образовательной среды и ее оснащенность лабораторным, тренажерным и учебно-производственным оборудованием (или его виртуальными аналогами) является определяющим для качества практико-прикладной подготовки обучающихся. Инфраструктура образовательной среды и тренажерное оборудование требует опережающей технической и технологической модернизации

на основании новейших результатов исследований. Так, уже оформленное требованием к современным университетским комплексам в сфере транспорта стало наличие и использование киберфизических тренажеров. Ряд российских транспортных вузов уже принял за разработку подобных тренажеров, поскольку технологический суверенитет является базовым фактором системы стратегирования в современных геополитических условиях [8].

В этом процессе концептуальную роль играют налаживание и институционализация системы непрерывного взаимодействия университетских комплексов с научными организациями, профильными научно-исследовательскими институтами и ведущими работодателями. Существующие системы взаимодействия носят преимущественно дискретный характер и не позволяют проводить своевременную и оперативную актуализацию лабораторной и тренажерной базы. При этом для транспортных вузов наличие и технологичность лабораторной и тренажерной базы являются неотъемлемыми условиями обеспечения конкурентоспособности образовательных продуктов и услуг, а также обеспечения удовлетворенности работодателей качеством практической подготовки молодых специалистов.

Приоритетной задачей на государственном уровне должна стать трансляция новейших технологий, образцов техники и программного обеспечения в университетские комплексы для активного включения их в систему практико-прикладной подготовки. Стратегически значимым сопровождающим процессом является необходимость регулярного проведения стажировок профессорско-преподавательского состава в организациях и на предприятиях транспортного комплекса, так как именно от качества их работы зависят эффективность и продуктивность использования материально-технической базы образовательной организации [9; 10]. Данную задачу необходимо закрепить на государственном уровне и одновременно обеспечить инструменты и методы стимулирования участия работодателей в развитии лабораторных и тренажерных баз университетских комплексов. Разработка функциональных организационно-финансовых инструментов сопровождения инновационной модернизации лабораторных и тренажерных комплексов транспортных образовательных организаций, включая программы государственно-частного партнерства и налоговые преференции для работодателей, участвующих в развитии профильных лабораторных баз, является важнейшим элементом механизма реализации стратегии развития транспортного образования и экспорта образовательных услуг.





Ускорение научно-технического прогресса и переход к новым технологическим укладам ставит перед университетами задачу актуализации, модернизации и инновационной трансформации технических средств обучения. Для транспортных вузов наиболее актуальным продолжает оставаться обеспечение лабораторий и тренажерных комплексов макетами или их высококачественными виртуальными аналогами [11].

Качество практико-прикладной подготовки молодых специалистов, уровень и масштабы использования в учебном процессе инновационно-ориентированных технических средств обучения, готовность и способность молодых специалистов к освоению инноваций предопределяют уровень надежности и безопасности транспортных систем в стратегической перспективе. Риск-ориентированность в управлении безопасностью транспортных систем и комплексов предполагает развитие систем профилактики негативного воздействия человеческого фактора на технические средства и технологические комплексы, в том числе за счет автоматизации и сокращения уровня опасности работ. С этих позиций, отработка целевых прикладных навыков специалистов транспортной отрасли в рамках учебного процесса является фундаментальным условием обеспечения главных параметров транспорта – надежности и безопасности [12].

Развитие лабораторной и тренажерной базы транспортных университетов должно вестись одновременно по всем специальностям и направлениям подготовки: в сфере железнодорожного транспорта и управления движением, транспортной логистики и международных мультимодальных перевозок, транспортного строительства, содержания и эксплуатации транспортной производственной и обеспечивающей инфраструктуры, транспортной безопасности и экологии на транспорте, а также юриспруденции, финансов, экономики и управления [13]. Рассинхронизация уровней развития лабораторной и тренажерной базы формирует риск недостаточной практико-прикладной подготовки молодых специалистов и приводит к нежеланию работодателей привлекать обучающихся к прохождению производственных практик и стажировок.

Перечень конкретных видов, типов и классов тренажерного оборудования, в том числе киберфизического, необходимого транспортным университетам, следует утвердить на государственном уровне с участием ведущих работодателей и профильных научных институтов [14].

Профилязация транспортных университетов по видам транспорта в условиях необходимости

обеспечения модели экспорта транспортных услуг и развития мультимодальных перевозок актуализирует проблематику применения сетевых форм обучения для реализации практической подготовки молодых специалистов в целях повышения положительного сетевого эффекта от модернизации учебно-лабораторной базы и инноватизации тренажерных комплексов. Это, в свою очередь, требует устранения пробелов в нормативно-правовом регулировании академической мобильности обучающихся и научно-педагогических работников. Формирование индивидуальных траекторий на основе анализа «цифрового следа» представляется оптимальным вектором разрешения данной задачи.

## ВЫВОДЫ

В результате проведенного исследования определены наиболее вероятные перспективы применения интеллектуальных систем в университетских комплексах в российской системе транспортного образования. В числе наиболее значимых перспектив интеллектуализации систем управления в образовательных организациях транспортного комплекса:

- разработка микросервисов с учетом потенциала дальнейшей интеграции агрегируемых метаданных в рамках суперсервисов (отраслевых, федеральных, международных);
- форсированное развитие технологий обработки больших данных для использования технологий анализа «цифрового следа» в целях формирования индивидуальных траекторий обучающихся;
- внедрение ИИ-систем администрирования рутинных процедур образовательного процесса для оптимизации затрат на сопровождение и для высвобождения ресурсов в интересах развития;
- привлечение представителей работодателей и партнеров из транспортной отрасли к развитию учебно-лабораторной и тренажерной базы в формате научно-образовательных и научно-производственных центров, в частности, для внедрения в образовательный процесс новых киберфизических тренажеров [15; 16];
- активное распространение технологии формирования «цифровых двойников» для создания современных симуляторов и возможности их своевременной актуализации [17];
- необходимость скорейшей цифровой трансформации системы отраслевого образования для оптимизации алгоритмов ее дальнейшей модернизации и отладки в контексте национальных целей;
- проектирование индивидуальных образовательных сред в зависимости от целевого образовательного результата и уровня образовательной программы.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Волкова Л. М. Разработка и практическое использование дистанционных технологий в системе транспортного образования в период пандемии коронавирусной инфекции // Научные труды Северо-Западного института управления РАНХиГС. – 2021. – Т. 12. – № 2 (49). – С. 72–77. [Электронный ресурс]: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_47375891\\_11232888.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_47375891_11232888.pdf). Доступ 20.11.2023.
2. Лавриненко Я. Б. Поддержка вузовских инноваций, как необходимое условие развития цифровой экономики: Монография. – М.: Изд-во ООО «Русайнс», 2024. – 138 с. ISBN 978-5-466-06274-8.
3. Castro Benavides, L. M., Tamayo Arias, J. A., Arango Serna, M. D., Branch Bedoya, J. W., Burgos, D. Digital Transformation in Higher Education Institutions: A Systematic Literature Review. Sensors, 2020, 20 (11), 3291. DOI: 10.3390/S20113291.
4. Verhoef, P. C. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda Journal of Business Research, 2018, Vol. 745, pp. 411–421. DOI: 10.1016/j.jbusres.2019.09.022.
5. Fitzgerald, M., Kruschwitz, N., Bonnet, D., Welch, M. Embracing Digital Technology: A New Strategic Imperative. MIT Sloan Management Review, Research Report, 2013. [Электронный ресурс]: <https://www.proquest.com/docview/1475566392/sourcetype=Scholarly%20Journals>. Доступ 20.11.2023.
6. Вовченко, Н. Г., Галазова С. С., Сопченко А. А. Влияние экономики пандемии на мировые тренды цифровой трансформации // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. – 2020. – № 2. – С. 275–283. EDN: HCJALA.
7. Andreeva, O. V., Shevchik, E. V. Organizational and Financial Modeling of Transnational Industrial Clusters Sustainable Development: Experience, Risks, Management Innovation. European Research Studies Journal, 2017, Iss.1, pp. 137–147. [Электронный ресурс]: <https://econpapers.repec.org/RePEc:ers:journl:v:xx:y:2017:i:1:p:137-147>. Доступ 20.11.2023.
8. Epikhina, G. V., Epikhin, A. I., Somko, M. L. An analysis of the theoretical and methodological aspects of the competency-based approach in personnel management: directions for modification. SHS Web of Conference, 164 (2023), 00052. [Электронный ресурс]: [https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/abs/2023/13/shsconf\\_cildiah2023\\_00052/shsconf\\_cildiah2023\\_00052.html](https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/abs/2023/13/shsconf_cildiah2023_00052/shsconf_cildiah2023_00052.html). Доступ 20.11.2023.
9. Лобачев С. Л. Транспортное образование России в контексте его цифровизации: состояние и некоторые перспективы // Транспортное право и безопасность. – 2022. – № 2 (42). – С. 26–33. [Электронный ресурс]: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_49283054\\_60558755.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_49283054_60558755.pdf). Доступ 20.11.2023.
10. Тонконог В. В., Ананченкова П. И. Взаимодействие университетов и промышленных структур в процессе обучения и формирования профессиональных компетенций работников // Вестник БИСТ (Башкирского института социальных технологий). – 2023. – № 3 (60). – С. 116–122. DOI: <https://doi.org/10.47598/2078-9025-2023-3-60-116-122>.
11. Бабурина О. Н., Гуриева Л. К. Риски и угрозы функционирования морской отрасли в условиях цифровизации мировой экономики // Морские интеллектуальные технологии. – 2019. – № 2–2 (44). – С. 109–115. [Электронный ресурс]: [http://morintex.ru/wp-content/files\\_mf/1559896461MITVOL44No2PART22019.pdf](http://morintex.ru/wp-content/files_mf/1559896461MITVOL44No2PART22019.pdf). Доступ 20.11.2023.
12. Ботнарюк М. В., Классовская М. И. Определение значимости индикаторов достижения целей при построении системы управления предприятий транспортной отрасли в цифровой экономике // Морские интеллектуальные технологии. – 2021. – № 2–4 (52). – С. 146–152. DOI: <https://doi.org/10.37220/MIT.2021.52.2.084>.
13. Andreeva, L. Y., Fedorov, A. V., Prokopenko, E. S., Sichev, R. A. Financial Engineering of Infrastructure Projects: The Concessional Mechanism. International Journal of Economics and Business Administration, 2019, Iss. S1, pp. 61–73. DOI: 10.35808/ijeba/252.
14. Андреева О. В. Инвестиционно-финансовая стратегия крупных корпораций в условиях ограниченного роста экономики: (на примере ОАО «Российские железные дороги») // Ростов-на-Дону: Фонд инноваций и экономических технологий «Содействие – XXI век», 2013. – 176 с. ISBN 978-5-91423-072-9. EDN: RZRSFR.
15. Карелина М. В. Современные тренажеры как средство профессиональной подготовки студентов транспортного вуза: возможности и риски / Информационная безопасность личности субъектов образовательного процесса в современном обществе. Монография по материалам научно-практической конференции. Авторы-составители: В. Г. Мартынов, И. В. Роберт, И. Г. Алексина // Москва: Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина, 2020. – 323 с. – С. 259–272. ISBN: 978-5-91961-323-7.
16. Артяков В. В., Каширин А. И., Турко Н. И., Филиппов П. Г. Управление уникальными технологическими компетенциями компаний: система мотивации // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2023. – Т. 7. – № 10 (139). – С. 39–46. [Электронный ресурс]: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_55870585\\_86404092.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_55870585_86404092.pdf). Доступ 20.11.2023.
17. Бурылин Я. В., Гринек А. В., Бойчук И. П., Боран-Кешишьян А. Л., Кондратьев С. И. Комплекс программно-аппаратных средств для решения задач автономного судоходства // Морские интеллектуальные технологии. – 2022. – № 4–1 (58). – С. 68–74. DOI: <https://doi.org/10.37220/MIT.2022.58.4.025>.

### Информация об авторах:

**Андреева Ольга Владимировна** – кандидат экономических наук, доцент Ростовского государственного университета путей сообщения, Ростов-на-Дону, Россия, [a\\_o\\_v@mail.ru](mailto:a_o_v@mail.ru).

**Хекерт Евгений Владимирович** – доктор технических наук, профессор, проректор Государственного морского университета имени адмирала Ф. О. Ушакова, Новороссийск, Россия, [zur\\_mga@nsma.ru](mailto:zur_mga@nsma.ru).

**Сомко Мария Леонидовна** – старший преподаватель Государственного морского университета имени адмирала Ф. О. Ушакова, Новороссийск, Россия, [mbkl@mail.ru](mailto:mbkl@mail.ru).

**Епихин Алексей Иванович** – кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры эксплуатации судовых механических установок Государственного морского университета имени адмирала Ф. О. Ушакова, Новороссийск, Россия, [bsmbeton@mail.ru](mailto:bsmbeton@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 20.11.2023, актуализирована 22.01.2024, одобрена после рецензирования 19.02.2024, принята к публикации 25.02.2024.





# Исследование связи между прогностическими способностями курсантов-авиадиспетчеров и их поведением в конфликте



Марина ЕРХОВА



Павел ЗОБОВ

Марина Викторовна Ерхова<sup>1</sup>,  
Павел Владимирович Зобов<sup>2</sup>

Ульяновский институт гражданской авиации  
им. Главного маршала авиации Б. П. Бугаева,  
Ульяновск, Россия.

<sup>1</sup> ORCID 0000-0003-1283-3088;  
РИНЦ SPIN-код: 7354-5258.

<sup>2</sup> ORCID 0000-0002-6092-3515;  
РИНЦ SPIN-код: 2312-2879.  
✉ <sup>2</sup> zobov\_pavel@mail.ru.

## АННОТАЦИЯ

Цель исследования – изучение связи между прогностическими способностями курсантов-авиадиспетчеров и их поведением в конфликте. Данные личностные особенности были выбраны в связи с их высокой профессиональной значимостью в сфере управления воздушным движением. В статье обоснованы актуальность изучения связи между интеллектуальными и коммуникативными способностями авиадиспетчеров и необходимость развития данных способностей в условиях получения высшего профессионального образования.

Приведены результаты определения взаимосвязи между выраженностью основных свойств мышления авиадиспетчеров, характеризующих их способность к прогнозированию ситуации, и стратегиями их поведения в конфликте. В качестве основных методов исследования были использованы теоретический анализ литературы, обобщение, тестирование, анализ, статистические методы.

В представленном исследовании участвовали 64 курсанта второго курса Ульяновского института гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б. П. Бугаева, обучающихся по специализации «Организация воздушного движения».

**Ключевые слова:** авиационный транспорт, антиципация, прогностические способности авиадиспетчеров, поведение в конфликте, профессиональные умения авиадиспетчера.

В качестве эмпирического метода исследования было выбрано тестирование по методике Томаса – Килманна (в адаптации Н. В. Гришиной), направленное на выявление стратегий поведения респондентов в конфликтной ситуации, а также тестирование по методике Л. А. Регуша «Способность к прогнозированию». В результате диагностики были измерены следующие свойства мышления, характеризующие прогностические способности курсантов: аналитичность, осознанность, гибкость, перспективность и доказательность мышления.

В ходе анализа результатов тестирования были построены диаграмма среднегрупповой выраженности пяти основных стратегий поведения респондентов в конфликте и диаграмма выраженности пяти основных составляющих (по Л. А. Регушу) прогностических способностей курсантов-авиадиспетчеров и рассмотрена взаимосвязь между ними. Анализ полученных результатов проведен с точки зрения требований будущей профессии опрошенных.

Для определения степени согласованности рядов значений стратегий поведения в конфликте и свойств прогностичности мышления в группе опрошенных был использован метод статистического анализа данных с помощью коэффициента корреляции Пирсона (R-Пирсона).

**Для цитирования:** Ерхова М. В., Зобов П. В. Исследование связи между прогностическими способностями курсантов-авиадиспетчеров и их поведением в конфликте // Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 100–106. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-13>.

**Полный текст статьи в переводе на английский язык публикуется во второй части данного выпуска.**  
**English translation of the full text of the article is published in the second part of the issue.**

## ВВЕДЕНИЕ

Авиадиспетчер – это высококвалифицированный специалист гражданской авиации, который обеспечивает регулярное, безопасное, экономически целесообразное движение воздушных судов. Авиадиспетчер в сфере гражданской авиации координирует движение самолетов от фазы буксировки воздушного судна по территории аэродрома, взлета, крейсерского полета до посадки и буксировки к месту стоянки. Авиадиспетчеры осуществляют тесное профессиональное взаимодействие с пилотами, наземными службами аэропорта, службами авиакомпаний. Профессионально важные качества авиадиспетчера определяются содержанием его деятельности, должностными обязанностями, ситуативными требованиями, которые прописаны в Федеральных авиационных правилах<sup>1</sup>, Едином квалификационном справочнике должностей руководителей, специалистов и служащих<sup>2</sup>. В связи с тем, что профессия авиадиспетчера охватывает широкий круг профессиональных задач высокой сложности, то и требования к личностным характеристикам специалиста по управлению воздушным движением включают в себя когнитивные, коммуникативные, эмоционально-волевые и нравственные составляющие, находящиеся в сложных взаимосвязях, но составляющих единое целое личности профессионала. Изучение данных взаимосвязей и особенности влияния из на профессиональную деятельность авиадиспетчера представляется интересной исследовательской задачей, подходы к решению которой отчасти представлены в данной работе.

Профессию авиадиспетчера можно отнести сразу к двум профессиональным системам (по классификации Е. А. Климова): «Человек-техника» и «Человек-человек»<sup>3</sup>. Работа авиадиспетчера относится к операторскому виду труда с преобладанием в профессиональной деятельности интеллектуальных функций. Ее

выполнение связано с постоянным анализом и прогнозированием быстро меняющейся обстановки, принятием оперативных решений, обеспечивающих безопасность полетов в контролируемом диспетчером воздушном секторе. Каждое решение при этом является следствием сложных интеллектуальных действий. Диспетчер управления воздушным движением (УВД) предотвращает опасные сближения и столкновения воздушных судов, дает им указания об изменении режима полета.

В рамках своей деятельности как оператора сложных автоматизированных систем авиадиспетчер выполняет целый комплекс психологических действий: сенсорно-перцептивных (обзор и идентификация светящихся точек экрана локатора и др.); речемоторных (радиообмен); действий внимания, направленных на контроль и оценку своей деятельности; мнемических действий, способствующих «удержанию» и упорядочению в памяти объектов; действий воображения (создание сложного динамически изменяющегося образа воздушной ситуации и др.); мыслительных действий (моделирование навигационных и профессиональных действий, принятие решений и др.) [1; 2].

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

К важнейшим профессиональным навыкам авиадиспетчера относится его способность к прогнозированию ситуации. Проблема прогнозирования в настоящее время становится все более актуальной в различных профессиях, ибо она связана с успешностью принятия решений.

Следует заметить, что способность к прогнозированию в научной литературе рассматривается как составляющая прогностических способностей личности, сущность которых состоит в предвосхищении событий и поступков. Прогнозирование не сводится к предугадыванию будущего, а посредством вероятностного подхода, учета возможных альтернатив развития ситуации, с его помощью определяется оптимальный вариант решения проблемы. Психофизиолог Н. А. Бернштейн, определяя сущность прогнозирования, утверждал, что «в мозге человека в закодированной форме существует предвосхищение требуемого конечного результата движения. Модель потребного будущего позволяет человеку управлять своими движениями» [3, С. 281].



<sup>1</sup> Федеральные авиационные правила «Требования к диспетчерам управления воздушным движением и парашютистам-инструкторам» (утв. приказом Минтранса РФ от 26 ноября 2009 г. N 216)

<sup>2</sup> Единый квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и служащих (утв. приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 29.01.2009 г. № 32).

<sup>3</sup> Психология труда: Учебник / под редакцией Е. А. Климова, О. Г. Носковой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 308 с. ISBN 978-5-534-16233-2.



Значительный вклад в изучение проблемы развития прогностических способностей внесли отечественные ученые Б. Ф. Ломов [4], В. Д. Менделевич [5], Н. П. Ничипоренко [6]; вероятностного прогнозирования – П. К. Анохин<sup>4</sup>, И. М. Фейгенберг [7] и другие. Имеется значительный массив исследований по конфликтологии (например: <sup>5, 6</sup>). Имеется значительное число содержательных работ в сфере соционических характеристик пилотов [8; 9], оценки степени конфликтности пилотов [10], взаимодействия экипажа воздушного судна с УВС [11], прогностических критерии эффективности взаимодействия в экипаже воздушного судна [12]. Однако исследование способности к прогнозированию как важнейшего профессионального навыка именно в отношении авиационных диспетчеров практически не представлено в научной литературе

Для авиадиспетчера хорошо развитая способность к прогнозированию позволяет спроектировать информационную модель или пространственный образ реальной обстановки воздушного движения, которые дают возможность предопределить развитие воздушной ситуации, факторов, вызывающих риски и нестандартные случаи, смоделировать способы преобразования конфликтной ситуации в бесконфликтную. Неправильное или неполное представление о состоянии хотя бы одного элемента данной информационной модели управления воздушным движением может создать угрозу безопасности полетов.

В рамках помогающих отношений авиадиспетчера должен четко соблюдать стандартную фразеологию радиообмена, обеспечивать своевременную обратную связь, владеть навыками активного слушания и эмоциональной саморегуляции в стрессовых ситуациях. Исследования коммуникативных навыков авиадиспетчера чаще всего ограничиваются их языковой компетентностью и – реже – иными аспектами профессионального обще-

ния: коммуникативной агрессивностью, поведением в конфликте [13–17].

Следует отметить, что коммуникативные навыки авиадиспетчера связаны с его прогностическими способностями. Из-за неправильного прогноза авиадиспетчером поведения пилотов, коллег, неумения предвосхитить развитие той или иной воздушной или наземной обстановки возрастает риск их неуправляемого развития.

Интеграция профессиональных навыков авиадиспетчера как оператора сложных технических систем и делового коммуникатора позволяет говорить о важности изучения связи между помогающими, интеллектуальными и техническими навыками данного специалиста.

В связи с этим цель исследования – изучение связи между прогностическими способностями курсантов-авиадиспетчёров и их поведением в конфликте. Особую значимость исследование данной связи приобретает в отношении именно авиадиспетчёров. Это связано с тем, что навыки прогнозирования и предвосхищения развития воздушной ситуации и навыки конструктивного поведения в эмоционально напряженной обстановке управления воздушным движением можно отнести к важнейшим профессиональным умениям авиационных диспетчёров.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для изучения выше обозначенной связи в Ульяновском институте гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б. П. Бугаева было проведено исследование особенностей поведения в конфликте и способности к прогнозированию у курсантов второго курса специализации «Организация воздушного движения». В опросе участвовало 64 обучающихся. В качестве эмпирического метода исследования было использовано тестирование по методике Томаса – Килманна ((TKI-R, в адаптации Н. В. Гришиной) [18; 19] на выявление стратегий поведения респондентов в конфликтной ситуации и по методике «Способность к прогнозированию» Л. А. Регуша<sup>7</sup>.

Содержательная, внутренняя и конкурентная валидность опросника, по мнению спе-

<sup>4</sup> Анохин, П. К. Очерки по физиологии функциональных систем: Учебно – методическое пособие. – М.: Медицина, 2012. – 447 с. ISBN (EAN): 978–5–458–38439–1.

<sup>5</sup> Светлов, В. А., Семенов В. А. Конфликтология: учебник для бакалавриата и магистратуры. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 351 с. ISBN 978-5-534-06982-2.

<sup>6</sup> Заглодина Т. А., Копалова О. С. Конфликтология: практикум: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2023. – 80 с. URL: <http://elar.rsvpu.ru/978-5-8050-0770-6> [Текст: электронный]. ISBN 978-5-8050-0770-6.

<sup>7</sup> Тест «Способность к прогнозированию». [Электронный ресурс]: <https://vash-psiholog.info/knowledge/metodika-test-sposobnost-prognozirovaniyu3.html?ysclid=lljj8cjhc4769501593>. Доступ 25.11.2023.

циалистов, достаточна и научно обоснована [20]. При этом использование теста Томаса – Килманна применительно к профессиональной выборке «диспетчеры УВД» представлен весьма ограничено. Более того, по мнению ряда ученых, применительно к авиационному персоналу данная методика не всегда позволяет корректно выявить предпочтения в выборе доминирующей стратегии поведения в конфликте, при профессиональном психологическом отборе, в принципе «не способна измерить индивидуальный стиль поведения в конфликте» [9; 21; 22]. Проведение исследования, кроме решения его задач, позволило также проверить верность утверждения об ограниченной применимости методики.

Сущность данных методик и результаты диагностики по ним следующие.

Тест Томаса – Килманна показывает соотношение стратегий поведения человека в конфликте. В основании данной типологии лежит двухмерная модель конфликта, изменениями в которой являются ориентации интересов конфликтующих сторон: на себя и на партнера. Исходя из этого, в teste ТКИ можно выделить следующие способы регулирования конфликтов [18]:

а) конфронтация или реализация преимущественно собственных интересов в ущерб интересам партнера;

б) приспособление (уступчивость) или ущемление собственных интересов ради другого человека;

в) компромисс или частичное удовлетворение интересов участников конфликта, достигнутое путем взаимных уступок;

г) уклонение как отсутствие стремления и к кооперации, и к защите своих интересов;

д) сотрудничество как максимальное и долгосрочное удовлетворение интересов обеих сторон [18].

Каждая из этих стратегий имеет возможности и ограничения, которые определяются целями конфликтующих сторон.

Были получены следующие результаты диагностики по данному тесту.

Среднегрупповая выраженность каждой из вышеобозначенных стратегий у курсантов-авиадиспетчеров отражена на рис. 1.

Из диаграммы видно, что наиболее выраженной и чаще применяемой стратегией поведения респондентов в эмоционально напряженной ситуации является компромисс или ориентация на частичное удовлетворение

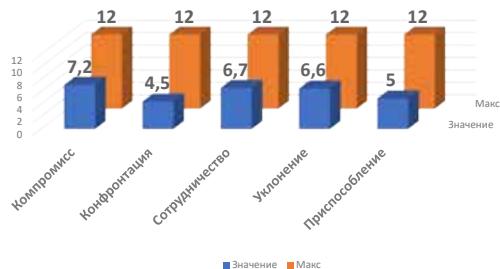


Рис. 1. Среднегрупповая выраженность стратегий поведения в конфликте у курсантов-авиадиспетчеров [выполнено авторами].

потребностей обеими сторонами путем взаимных уступок.

Менее выраженные стратегии «Уклонение» и «Сотрудничество» также в своей основе предполагают использование уступок. Сочетание среднегрупповых стратегий показывает, что будущие авиадиспетчеры менее всего склонны к конфронтации и приспособлению в ситуации конфликта, что является показателем выраженности их навыка эмоциональной саморегуляции и способности поддерживать свою профессиональную позицию. Остальные стратегии реализуются курсантами примерно в одинаковой степени и предусматривают использование уступок для достижения временного или долгосрочного согласия.

При анализе персональных значений опрошенных преимущественная выраженность стратегии «Конфронтация» (более 10 баллов из 12 максимальных) свойственна только 4,5 % курсантов. В основном у подавляющего большинства опрошенных наблюдается равномерная выраженность всех стратегий, что может говорить о гибкости их поведения в конфликте.

Выраженность способности к прогнозированию развития ситуации у курсантов была определена с помощью теста Л. А. Регуша «Способность к прогнозированию». Содержательными характеристиками качеств мышления, определяющими способность к прогнозированию, по мнению автора методики, являются аналитичность, осознанность, гибкость, перспективность и доказательность. Тестовые задания направлены на оценку данных свойств мышления и интегрального показателя способности респондентов к прогнозированию.

Поясним содержание шкал опросника.

*Аналитичность мышления* определяется способностью систематизировать, структурировать, интерпретировать информацию. Важной характеристикой аналитического



Таблица 1

## Среднегрупповая выраженность составляющих прогностических способностей курсантов-авиадиспетчеров [выполнено авторами]

Параметры	Аналитичность	Осознанность	Гибкость	Доказательность	Перспективность	Интегральный показатель способности к прогнозированию
Среднегрупповое значение (балл)	2,8	2,7	5,6	4,1	4,4	26,3
Максимальное значение (балл)	4	4	8	6	6	38
% выраженности	70 %	68 %	70 %	68 %	73 %	69 %

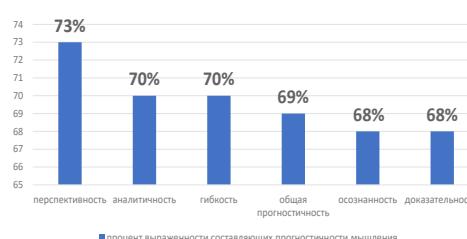


Рис. 2. Процент выраженности составляющих прогностичность мышления курсантов-авиадиспетчеров [выполнено авторами].

мышления является способность выделять существенные связи в анализируемом объекте, находить глубинные причинно-следственные связи и с их учетом предвидеть развитие ситуации.

*Осознанность мышления* – это способность понять сущность предмета или явления, понимать причины и предвидеть последствия.

*Гибкость мышления* отражает способность человека справляться с изменениями, использовать различные способы решения проблем, генерировать идеи.

*Доказательность и аргументированность мышления* характеризуется умением приводить необходимую информацию для обоснования собственной позиции.

*Перспективность мышления* представляет собой способность человека к целостному восприятию ситуации и пониманию динамики ее развития. Перспективность мышления связана со стратегическим мышлением и горизонтами планирования.

Интегральный показатель способности к прогнозированию имеет следующие уровни выраженности:

0–12 баллов – низкий уровень;

13–25 баллов – средний уровень;

26–38 баллов – высокий уровень.

Рассмотрим далее среднегрупповую выраженность составляющих прогностических

способностей курсантов-авиадиспетчеров (таблица 1).

Представим более наглядно процент выраженности выше обозначенных свойств мышления (рис. 2).

Из диаграммы видна достаточно высокая выраженность всех типов мышления, характеризующих прогностичность респондентов. Наиболее высокие среднегрупповые показатели курсантов были выявлены по перспективности мышления, то есть способности к стратегическому и динамическому видению ситуации. Интегральный показатель прогностических способностей опрошенных имеет высокий уровень, что свидетельствует об интеллекте и выраженной профессиональной ресурсе курсантов.

Далее в рамках исследования были изучены взаимосвязи между составляющими прогностичности мышления будущих авиадиспетчеров и стратегиями их поведения в конфликтной ситуации. Следует отметить, что изучение связи между свойствами мышления и коммуникативными способностями человека недостаточно изучены в научной литературе. В основном эти исследования касаются детей, представителей педагогических профессий (например, [23]), но в отношении авиационных специалистов изучение данного вопроса ограничено относительно

Таблица 2

## Значения коэффициентов корреляции R-Пирсона [выполнено авторами]

Особенности мышления	Стратегии поведения в конфликте Коэффициент корреляции R-Пирсона				
	Конfrontация	Сотрудничество	Компромисс	Уклонение	Приспособление
Аналитичность	R=0,018	R=0,117	R=0,0005	R=0,104	R=0,035
Осознанность	R=0,119	R=0,005	R=0,03	R=0,003	R=0,145
Доказательность	R=0,06	R=0,014	R=0,0004	R=0,0004	R=0,087
Гибкость	R=0,034	R=0,0225	R=0,02	R=0,02	R=0,008
Перспективность	R=0,0007	R=0,0034	<b>R=0,222</b>	R=0,075	R=0,006
Общая прогностичность	R=0,012	R=0,027	R=0,055	R=0,003	R=0,058

небольшим числом работ [24]. В связи с этим, одной из целей представленного исследования стало изучение связи между среднегрупповой выраженностью стратегий поведения в конфликте и среднегрупповыми составляющими прогностичности мышления в той же группе респондентов.

Для определения степени согласованности рядов значений стратегий поведения в конфликте и свойств прогностичности мышления внутри одной выборки нами были использованы методы статистического анализа данных. Для исследования взаимосвязи двух метрических шкал на одной и той же выборке используется коэффициент корреляции Пирсона (R-Пирсона). Он измеряет силу связи двух переменных. В качестве переменной  $X$  была рассмотрена среднегрупповая выраженность каждой из четырех стратегий поведения респондентов в конфликте, а в качестве переменной  $Y$  – каждая составляющая прогностичности мышления (по Л. А. Регушу). Число респондентов было равно 64. Коэффициент корреляции был рассчитан по классической формуле коэффициента корреляции Пирсона<sup>8</sup>.

В таблице 2 представлены рассчитанные значения коэффициентов Пирсона для заявленной выборки курсантов.

Сравнивая полученные нами значения коэффициентов R-Пирсона двух метрических переменных (стратегий поведения в конфликте и характеристик прогностичности мышления) (таблица 2) с соответствующими критическими значениями из таблицы критических значений коэффициента корреляции R- Пирсона для заданной выборки курсантов (таблица 3), нами было обнаружено наличие лишь тенденции достоверной связи перспективностью мышления будущих авиадиспет-

<sup>8</sup> Наследов, А. Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных. Учеб. пособие. – СПб.: Речь, 2006. – 304 с. – С. 70. ISBN 5-9268-0275-7.

Таблица 3

Критические значения коэффициента корреляции Пирсона [<sup>8</sup>, С. 363]

Критические значения коэффициента корреляции Пирсона				
Объем выборки N / погрешность	0,1	0,05	0,01	0,001
64	R=0,207	R=0,246	R=0,32	R=0,402

черов и их готовностью идти на компромисс в конфликтной ситуации (с погрешностью 0,1). Иных статистически значимых зависимостей в данной группе респондентов не выявлено.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обнаруженная тенденция к зависимости перспективности мышления респондентов и их готовности к компромиссу показывает, что наличие у будущих авиадиспетчеров способности к прогнозированию ситуации, к ее целостному видению, оценке возможностей и ограничений в динамике ее развития способствует поиску респондентами компромисса в эмоционально напряженной обстановке профессионального общения. Данная тенденция, с одной стороны, способствует урегулированию конфликтных ситуаций на определенный промежуток времени. Это может быть полезным в отношениях с коллегами в наземной обстановке. Но, с другой стороны, в ситуации общения «пилот – авиа-диспетчер» принципиально важно бескомпромиссное соблюдение авиационных правил, что обеспечивает безопасность полетов.

Проведенное исследование показало не только важность изучения взаимозависимостей между различными профессионально важными качествами, умениями специалистов по управлению воздушным движением, но и необходимость оценки влияния данных связей на эффективность профессиональной деятельности авиадиспетчеров.





## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бодров В. А., Орлов В. Я. Психология и надежность: человек в системах управления техникой. – М.: Институт психологии РАН, 1998. – 288 с. ISBN 5-201-02230-8.
2. Стрелков Ю. К. Психологическое содержание операторского труда. – М.: Российское психологическое общество, 1999. – 196 с. ISBN 5-895-73045-0.
3. Бернштейн Н. А. Физиология движений и активность. – М.: Наука, 1990. – 496 с. [Электронный ресурс]: [http://elib.old.gnpbu.ru/textpage/download/html/?bookhl=&book=bernshteyn\\_fiziologiya-dvizheniy\\_1990](http://elib.old.gnpbu.ru/textpage/download/html/?bookhl=&book=bernshteyn_fiziologiya-dvizheniy_1990). Доступ 14.11.2023.
4. Ломов Б. Ф., Сурков Е. Н. Антиципация в структуре деятельности: Монография. – М.: Наука, 1980. – 223 с.
5. Менделевич В. Д. Антиципационный механизм неврозогенеза // Психологический журнал. – 1996. – Т. 17. – № 4. – С. 107–114. EDN: REECKG.
6. Ничипоренко Н. П., Менделевич В. Д. Феномен антиципационных способностей как предмет психологического исследования // Психологический журнал. – 2006. – Т. 27. – № 5. – С. 50–59. EDN: HVCZSL.
7. Фейгенберг И. М. Мозг. Психика. Здоровье: Монография. – М.: Издательство «Наука», 1972. – 95 с. [Электронный ресурс]: <https://pedlib.ru/Books/6/0179/>. Доступ 27.11.2023.
8. Ариничева О. В., Малишевский А. В. Влияние социнических характеристик пилота на особенности восприятия и интерпретации им визуальной приборной информации // Мир транспорта. – 2022. – Т. 20. – № 5. – С. 94–102. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-11>.
9. Ариничева О. В., Безрядин А. И., Рязанов С. А. Возможные пути совершенствования профессионального психологического отбора пилотов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. – 2015. – № 2 (9). – С. 5–18. EDN: ULYAJF.
10. Ариничева О. В., Малишевский А. В. Пути совершенствования методик оценки степени конфликтности пилота с использованием нечётких множеств // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. – 2021. – № 4 (33). – С. 34–47. EDN: MZVRRL.
11. Ариничева О. В., Коваленко Г. В., Малишевский А. В., Михальчевский Ю. Ю. Взаимодействие экипажа воздушного судна со службой управления воздушным движением: социнический аспект проблемы // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. – 2016. – № 4 (13). – С. 5–16. EDN: XQOVQJ.
12. Ариничева О. В., Малишевский А. В. Прогностический критерий эффективности взаимодействия в экипаже // Мир транспорта. – 2019. – Т. 17. – № 1 (80). – С. 204–214. DOI: [10.30932/1992-3252-2019-17-1-204-214](https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-1-204-214).
13. Demir, M., Cooke, N., Lieber, Ch., Ligda, S. Understanding Controller-Pilot Interaction Dynamics in the Context of Air Traffic Control. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 2019, 63, pp. 1225–1226. DOI: [10.1177/1071181319631493](https://doi.org/10.1177/1071181319631493).
14. Ерхова М. В. Исследование склонности к коммуникативной агрессивности у авиационных диспетчеров // Вестник университета. – 2021. – № 2. – С. 181–186. EDN: VSWWVB.
15. Овсянникова М. Н. Факторы эффективного коммуникативного взаимодействия пилота с авиадиспетчером // Вестник Самарского государственного университета. – 2009. – № 5 (71). – С. 135–140. EDN: MLJQOR.
16. Симантьева К. Л. Особенности профессиональной коммуникации авиадиспетчеров как основа для составления упражнений по профессионально-ориентированному английскому языку // Вестник Тюменского государственного университета. Гуманитарные исследования. Humanitates. – 2016. – № 3. – Т. 2. – С. 70–81. DOI: [10.21684/2411-197X-2016-2-3-70-81](https://doi.org/10.21684/2411-197X-2016-2-3-70-81).
17. Тарасова Н. В., Абдуллин А. И. Особенности протекания коммуникативных конфликтов в сфере гражданской авиации // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: лингвистика и педагогика. – 2021. – № 3. – Т. 11. – С. 218–229. [Электронный ресурс]: <https://lingusgu.elpub.ru/jour/article/view/48/49>. Доступ 27.11.2023.
18. Thomas, K. W., Kilmann, R. H. Thomas-Kilmann Conflict Mode Instrument (TKI) [Database record]. APA PsycTests, 1974. [Electronic resource]: [https://www.researchgate.net/publication/265565339\\_Thomas-Kilmann\\_conflict\\_MODE\\_instrument](https://www.researchgate.net/publication/265565339_Thomas-Kilmann_conflict_MODE_instrument). DOI: <https://doi.org/10.1037/t02326-000>.
19. Батаршев А. В. Психодиагностика в управлении. – М.: Дело, 2005. – 496 с. ISBN 5-7749-0407-5.
20. Кардашина С. В., Шаньгина Н. В. Психометрические характеристики русскоязычной версии опросника К. Томаса – Р. Килманна («Thomas-Kilmann Conflict Mode Instrument – TKI-R») // Педагогическое образование в России. – 2016. – № 11. – С. 216–228. DOI: [10.26170/po16-11-36](https://doi.org/10.26170/po16-11-36).
21. Ариничева О. В., Малишевский А. В. Повышение надежности профессионального психологического отбора авиационных специалистов // Надежность. – 2019. – Т. 19. – № 1. – С. 40–47. DOI: [10.21683/1729-2646-2019-19-1-40-47](https://doi.org/10.21683/1729-2646-2019-19-1-40-47).
22. Ариничева О. В., Малишевский А. В. Исследование качества тестовых методик оценки конфликтного поведения для целей совершенствования профессионального отбора авиационного персонала // Качество и жизнь. – 2020. – № 2 (26). – С. 90–96. DOI: [10.34214/2312-5209-2020-2-2-90-96](https://doi.org/10.34214/2312-5209-2020-2-2-90-96).
23. Сайфуллина Н. А. Обзор современных представлений о коммуникативной функции антиципации // Актуальные проблемы гуманитарных и социально-экономических наук. – 2017. – Т. 11. – № 10. – С. 37–40. EDN: YLLTKT.
24. Ариничева О. В., Малишевский А. В. Исследование связей между стилем поведения в конфликте и уровнем интеллектуального развития будущих авиационных специалистов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. – 2017. – № 3 (16). – С. 54–60. EDN: ZWDPQN.

### Информация об авторах:

**Ерхова Марина Викторовна** – кандидат педагогических наук, доцент кафедры гуманитарных и социально-экономических дисциплин Ульяновского института гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б. П. Бугаева, Ульяновск, Россия, [m.verhova@mail.ru](mailto:m.verhova@mail.ru).

**Зобов Павел Владимирович** – кандидат экономических наук, декан факультета подготовки авиационных специалистов Ульяновского института гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б. П. Бугаева, Ульяновск, Россия, [zobov\\_pavel@mail.ru](mailto:zobov_pavel@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 28.08.2023, одобрена после рецензирования 29.11.2023, принята к публикации 05.12.2023.

# Т



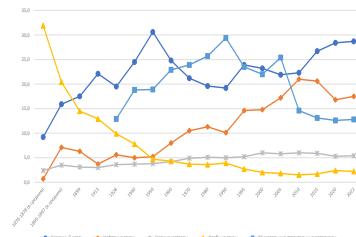
## АКАДЕМИК В. Н. ОБРАЗЦОВ: К 150-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ 108, 120

Приуроченные к знаменательной дате материалы с разных сторон раскрывают жизненный и творческий путь, научные изыскания академика Образцова, лишний раз подчеркивая многообразие его таланта и продолжая предыдущие публикации, в том числе о развитии транспорта на Европейском Севере нашей страны (Т. 19, № 3, 2021).



## ТОВАРНАЯ СТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК: РЕТРОСПЕКТИВА, СРАВНЕНИЯ, АНАЛИЗ ТРЕНДОВ 130

Анализ данных за более чем полтора века позволяет не только выявить основные тенденции, но и систематизировать закономерности и на их основе оценить возможные будущие векторы развития.





# К 150-летию академика Владимира Николаевича Образцова (биография и библиография)



*Екатерина Борисовна Куликова*

*Российский университет транспорта, Москва, Россия.  
✉ iuit\_kulikova@inbox.ru.*

Екатерина КУЛИКОВА

## АННОТАЦИЯ

В Москве, Челябинске, Иркутске, Ртищеве есть улицы Образцова. Многие уверены, что улицы эти получили свое название в честь великого кукольника Сергея Образцова. Но на самом деле в топонимике российских городов был увековечен не замечательный актер, а его отец – академик Владимир Николаевич Образцов, выдающийся ученый в области транспорта, который с гордостью называл себя «ртищевским железнодорожником».

Бывшая Бахметьевская улица в Москве, где жила семья Образцовых, и ныне носит имя железнодорожного академика. Современную Москву невозможно представить себе без этой фамилии. Улица Образцова по-прежнему ведет к знаниям, к внедрению новых технологий при строительстве железных дорог и, в конечном итоге, – к прогрессу. Не случайно по улице Образцова с давних пор прописан Российской университет транспорта (МИИТ), в котором традиционно развиваются образцовские традиции.

Академик Образцов обладал удивительным даром – он умел рассказывать просто о сложном – поэтому считался замечательным преподавателем, любимцем студентов, а его научные работы до сих пор не потеряли свою актуальность.

Главные научные труды Владимира Николаевича посвящены железным дорогам, их истории, их настоящему и будущему. Образцов понимал, что со временем роль транспорта станет только расти, и предлагал решения, учтывая неизбежные перемены. Жизнь профессора Образцова – это его ученики, его задумки, его командировки...

Железную дорогу он очень хорошо знал и любил. И верил, что именно стальной трассы помогут России стать передовой страной.

В статье приводится библиографический список трудов В. Н. Образцова и перечень наиболее крупных из числа реализованных им проектов.

**Ключевые слова:** В. Н. Образцов, железнодорожный транспорт, история транспорта.

Для цитирования: Куликова Е. Б. К 150-летию академика Владимира Николаевича Образцова (биография и библиография) // Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 108–119. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-14>.

Полный текст статьи в переводе на английский язык публикуется во второй части данного выпуска.  
English translation of the full text of the article is published in the second part of the issue.

**Л**етом 2024 года отмечается 150-летие академика Владимира Образцова. Владимир Николаевич родился 18 июня 1874 года, закончил классическую гимназию в 1892 году с золотой медалью в городе Николаев. Поступил в Императорский Санкт-Петербургский институт путей сообщения.

В институте Владимир Николаевич глубоко изучал инженерно-строительное дело, во время учебной практики он много ездил по линии, ночуя на станциях и разъездах, прошел с нивелиром около 150 км.

Студентом третьего курса самостоятельно разработал проект плотины и водослива для водоснабжения железнодорожной станции Казанка, расположенной недалеко от г. Николаева. В проекте был предусмотрен большой пруд в 40 га, а также профессионально подсчитаны возможный приток воды, потери от впитывания в землю и от испарений, проведены другие расчеты. Проект этот отличался оригинальным решением и безукоризненным инженерным расчетом и поэтому был реализован, а автор-студент был награжден институтом денежной премией в 50 рублей.

Студентом же Образцов вел изыскания и постройку подъездных железнодорожных путей к промышленным предприятиям или, как тогда говорили, «железнодорожных ветвей».

После окончания института в 1897 году молодой инженер отбывал воинскую повинность (обязательную после учёбы) в военно-инженерных войсках в качестве так называемого кондуктора (низшая техническая должность – чертежник).

Непродолжительная военная служба кончилась, и перед молодым инженером встал вопрос о дальнейшей работе. Его близкие студенческие товарищи А. Алексеев и Г. Передерий уехали в Москву. Решил туда же поехать и Владимир Образцов.

Владимир Николаевич работал на изысканиях и строительстве Московско-Виндавской железнодорожной линии, затем инженером отдела службы пути на Николаевской железной дороге, потом инженером технического отдела на Московско-Курской и позже на Московско-Ярославско-Архангельской дорогах.

Руководство Московско-Ярославско-Архангельской железной дороги поручило инженеру В. Н. Образцову в 1901 году разработать проект переустройства станции Иваново. Так как тогда не было не только теорий проектирования станций, но и никакой технической литературы по этому вопросу, молодому инженеру пришлось работать над этим проектом почти полтора года. Проект был разработан очень детально, утвержден без всяких изменений и получил высокую оценку Инженерного совета. Этот проект был первым, выполненным на научной основе, и поэтому он принес Владимиру Николаевичу вполне заслуженную славу «первопроходца дела проектирования станций».

Проект был опубликован в журнале «Инженерное дело» (№ 2 за 1902 год), потому что в нем впервые были разработаны и сформулированы основные научные принципы проектирования железнодорожных станций, послужившие исходными установками при составлении крупных проектов железнодорожных станций у нас в стране.

Результатом этой публикации стало приглашение на работу по совместительству ассистентом от известного ученого профессора К. Ю. Цеглинского, заведующего кафедрой «Железные дороги» в Императорском Московском Инженерном Училище (МИИУ).

К этому раннему периоду научной деятельности молодого ученого относится его крупная работа «Геометрические элементы для расчета стрелочных переводов при проектировании станций», которая была опубликована в журнале «Инженерное дело» (№ 1 и № 2 в 1904 году). Эта работа явилась основой для научного подхода к проектным расчетам железнодорожных станций и их важнейших элементов.

Вслед за первыми научными работами были приняты к печати и другие труды по вопросам развития станций. Особенную большую известность получила работа «К вопросу о проектировании станций и их расчету» («Инженерное дело» № 1, 1905 год). Она вызвала много положительных откликов в печати, в том числе и профессора А. Н. Фролова, известного ученого и авторитета среди железнодорожников, который написал «Мы приветствуем эту новую попытку пролить свет анализа на темную до селе сторону инженерного творчества».

В 1906 году вопросу проектирования станций была посвящена статья, опубликованная в Трудах 14-го Съезда служб пути. Эти ранние научные работы молодого ученого получили большое распространение среди инженерно-технической общественности, стали основным руководством для инженеров при проектировании станций и узлов и принесли их автору широкую известность. Его стали приглашать



консультантом по проектированию станций на многие железные дороги страны.

В этот период интерес вызвала статья «Доходность железной дороги и ее графическое изображение в зависимости от тарифных ставок» (Научные труды ИМИУ, вып. 1, 1907 год).

В. Н. Образцов одним из первых ученых и инженеров оценил значение оборота товарного (грузового) вагона. В 1909 году он публикует свою работу «Теоретические исследования по обороту вагонов» (Известия Московского Инженерного училища, 1909 год), в которой рассмотрены вопросы определения потребных размеров рабочего парка грузовых вагонов для заданного объема перевозок. Исследование проводилось с учетом влияния скорости, неравномерности движения, специализации вагонов, вопросов регулирования порожних вагонопотоков и других показателей.

В дальнейших своих трудах этот показатель по ускорению движения вагонов Владимир Николаевич положил в основу исследований и технических мероприятий по развитию станций и узлов. Эти идеи Владимира Николаевича справедливы и сейчас, когда наши ученые и практики-железнодорожники борются за ускорение оборота вагонов.

Начало Первой мировой войны показало, что железнодорожная сеть России на главнейших стратегических направлениях была недостаточно развитой, а железнодорожные станции и узлы не имели необходимой пропускной способности. В этот период Владимир Николаевич разрабатывал целый ряд крупных проектов железнодорожных станций на главнейших направлениях сети. Будучи непосредственным участником, руководителем и консультантом сложных проектных работ в области станций и узлов, Владимир Николаевич разработал научные принципы развития железнодорожных станций и узлов и внедрял их в конкретные проекты. В числе наиболее значимых необходимо отметить проекты станций Перово-Сортировочная и Никитовка (1914–1915 гг.), станции Вязьма (1915–1916 гг.), станций Смоленск и Смоленск-Сортировочный (1915–1917 гг.), второй очереди станции Иваново, станций Архангельской линии в связи с перестройкой на широкую колею участка Вологда–Урочь (1916 год), станций направления Москва–Барановичи и другие. Необходимо отметить, что в разработанных проектах совершенно по-новому решались вопросы пропускной способности станций и направлений железнодорожной сети России.

Заслуженный авторитет инженера В. Н. Образцова позволил ему занять пост председателя отдела путей сообщений в Московском военно-промышленном комитете, а в 1917 году – должность товарища (заместителя) председателя Организационного комитета по созыву 4-го Всероссийского съезда по техническому и ремесленному образованию.

После поездки в 1917 году на фронт появились его новые научные работы: «К вопросу о путях сообщений для фронта», «Об организации головных транспортов», «Восстановление разрушенных мостов» и другие.

Эти статьи были посвящены актуальным вопросам организации работы транспорта в военных условиях, а также в них были описаны новые типы конструкции лежневых дорог для болотистых районов.

После окончания Первой мировой и гражданской войн крайне необходимо было быстро восстановить разрушенное хозяйство и, в первую очередь, железнодорожное. Владимир Николаевич включился в эту интересную и созидательную работу.

Вскоре после революции В. Н. Образцова избрали в Комитет из рабочих и служащих Александровской (ныне Белорусской) дороги.

На железной дороге в то время одной из самых острых проблем было отсутствие топлива. По инициативе В. Н. Образцова Комитет занялся организацией самостоятельных заготовок топлива, и для этого была построена Дуровская железнодорожная ветка, предназначенная для вывоза дров и торфа. Такая организация дела и принятые по инициативе В. Н. Образцова меры спасли положение, и даже в то тяжелое время Александровская дорога ни разу не приостанавливалась движение поездов.

В период 1918–1923 годов Владимир Николаевич с учениками составил проекты ряда крупных железнодорожных узлов – Запорожского, Нижегородского, Рязанского, Смоленского, Сызранского и других.

Результаты этой огромной работы были опубликованы В. Н. Образцовым в 1925 году в Трудах 21-го Совещательного съезда представителей служб эксплуатации железных дорог СССР в виде исключительно содержательной работы «Проекты и идеи развития русских станций в период мировой и гражданской войн».

Глубина идей, изложенных в данной работе, их научная обоснованность и практическая значимость сохранили свою силу до настоя-

щего времени. До сих пор этот труд является основным пособием при проектировании станций и узлов.

В те годы весьма большое значение для экономики страны имело объединение железнодорожных узлов с изменением принципов их руководства и организации, а в некоторых случаях и перепроектировкой. Эту большую работу возглавил и идеино направлял В. Н. Образцов, который являлся членом Специальной комиссии по объединению узлов при Главной Инспекции Наркомата путей сообщения (НКПС) и членом Комитета по реконструкции при НКПС. В состав комиссии вошли также ведущие специалисты Е. А. Гибшман, С. В. Зембливов, М. В. Сеньковский и другие.

В 1922 году Владимир Николаевич вновь разработал проект объединения Смоленского узла, который явился образцом для проектировщиков других железнодорожных узлов. В этом же году В. Н. Образцов подготовил работу «Проект распределения узлов на русской железнодорожной сети и сортировочной работы узлов, с целью сокращения маневровой работы и простоя вагонов», которая была опубликована в журнале «Техника и экономика путей сообщения» (№ 12, 1922 год).

К середине 20-х годов прошлого века накопился достаточный опыт перепроектировки станций и узлов при их восстановлении и объединении. Разработку технических условий проектирования, методику расчетов и проектирования станций и узлов, а также отдельных элементов сложного станционного хозяйства возглавил В. Н. Образцов, получивший в 1919 году звание профессора.

В 1924 году профессор В. Н. Образцов был назначен заведующим кафедрой «Станции и узлы» – новой в Московском институте инженеров транспорта и первой в стране. В связи с неблагополучным положением в станционном хозяйстве были изменены учебные программы и увеличено время на изучение дисциплины «Станции и узлы». Большая организационная работа по созданию совершенно новой кафедры не смогла оторвать его от научной и проектной деятельности.

В 1922–1929 годах под руководством профессора Образцова было проведено объединение почти всех крупных узлов страны, что позволило значительно улучшить работу железнодорожных дорог. К этому периоду относятся крупные научные труды Владимира Николаевича, посвященные различным вопросам станций и узлов:

– «Станции и их принадлежности» (Труды МИИТа, 1922 год);

– «Энциклопедия путей сообщения» (Госиздат, 1925 год);

– «Тоннельные путепроводы при проектировании узлов и станций» (Труды МИИТа, 1926 год);

– «Техника проектирования узлов» (Труды МИИТа, 1927 год);

– «Типовая станция V–III класса с постепенным развитием» (Труды МИИТа, 1927 год);

– «К вопросу о тяговых расчетах сортировочных горок» (Труды МИИТа, 1928 год);

– «Основные данные для проектирования железнодорожных станций» (Госиздат, 1929 год). Этот классический труд долгое время являлся настольной книгой для инженеров-проектировщиков и практиков. Все эти труды, как и множество других, послужили основой для создания учебника «Станции и узлы» для обучения студентов.

В. Н. Образцов, используя свой опыт инженера-проектировщика, развел теорию и практику проектирования сортировочных горок. В 1928 году он опубликовал актуальную и сегодня работу «К вопросу о тяговых расчетах сортировочных горок». В ней обобщены и развиты различные способы расчета условий скатывания отцепов с сортировочных горок. Владимир Николаевич получил и привел строгое решение дифференциального уравнения движения группы вагонов по пути с переменным уклоном в условиях действия силы ветра и основного сопротивления движению. В этом и других научных трудах он четко обосновал требования к сортировочным горкам. Например, положение о том, что высота и уклон горки должны быть такими, при которых вагоны с большим сопротивлением в сложных условиях могли бы докатиться до определенной точки.

Это положение стало основным для всех проектировщиков сортировочных горок и вошло во все нормативные документы по проектированию станций.

Особенно много трудаился Владимир Николаевич над проблемой развития транспорта г. Москвы и Московского транспортного узла.

В 1921 году был организован Совет по проекту новой Москвы, в основу которого был положен проект перепланировки и будущего развития г. Москвы академика А. В. Щусева. Одновременно началась разработка проекта Московского узла в специальной Комиссии под





председательством инженера Л. Н. Бернадского. В это время уже не было никаких сомнений в том, что столица становится и быстро станет одним из крупнейших мировых центров.

В. Н. Образцову поручили возглавить разработку проекта переустройства Московского узла и утилизацию ряда участков, разрезанных железнодорожными дорогами, путем соединения их путепроводами. Проект предусматривал создание порта на Москве-реке, ряда железнодорожных диаметров и многое другое.

Еще в 1920 году Владимир Николаевич научно обосновал пропуск товарных поездов в центральные районы г. Москвы в своей работе «О глубоком вводе товарных поездов в г. Москву» (Бюллетень НКПС, 1920 год). В 1925 году он опубликовал работу «Переустройство Московского узла Московско-Казанской железной дороги» (журнал «Железнодорожное дело», 1925 год, № 12), в 1926 году – статью «Московский узел и основные идеи его переустройства» (Труды 22 Совещательного съезда представителей служб эксплуатации железных дорог СССР, 1926 год). Все эти труды были посвящены реконструкции транспорта и планировке г. Москвы. С учетом предложений Владимира Николаевича в Московском узле были проведены работы по переустройству соединительных путей, постройке новых парков на многих станциях узла, дополнительной укладке вторых, третьих и четвертых путей на головных участках. Эти и другие предложения дали возможность ликвидировать движение грузовых поездов по старым соединительным путям и перевести его на кольцо Московско-Окружной железной дороги.

В 1927 году В. Н. Образцов был командирован в Китай для работы по развитию Харбинского транспортного узла на Китайско-Восточной железной дороге (КВЖД). Узел г. Харбина, расположенный на берегу реки Сунгари, был узким местом и требовал реконструкции с учетом использования перевозок по реке. Профессор В. Н. Образцов с успехом выполнил эту сложную задачу, за что получил благодарность и премию от руководства КВЖД.

В 1930 году вышла интересная статья Владимира Николаевича «К вопросу о глубоких вводах и метрополитене» (журнал «Коммунальное хозяйство»), в которой он предлагал комплексное разрешение проблемы метрополитена и глубоких вводов для пригородного железнодорожного движения. В 1931 году Владимир Николаевич опубликовал ряд статей в журнале

«Коммунальное хозяйство» по этому важному вопросу: «О глубоком вводе в город пригородных электрических железных дорог», «Глубокий ввод», «Неотложный вопрос о связи метрополитена и трамваев с электрическим пригородным транспортом» и другие. В. Н. Образцов рассмотрел возможность выхода поездов метрополитена на железнодорожные линии. Это требовало определения пропускной и пропускной способности железнодорожных диаметров, выбора необходимых габаритов электроподвижного состава, предназначенного для работы под землей и на земных пригородных линиях. Этим было бы обеспечено беспересадочное сообщение пригородных пассажиров до любой точки в глубине города.

В 1927–1930 годах профессор В. Н. Образцов состоял членом Технического совета Днепропротяжстроя, крупнейшей в то время стройки страны. Эта обязанность позволила ему проверить свои научные идеи по транспортному обеспечению ДнепроГЭСа и города Запорожье.

В ответ на постановление Правительства от 30 апреля 1931 г. о скорейшей конструкции Челябинского железнодорожного узла Владимир Николаевич разработал и внедрил проект его обновления.

В 1932–1933 годы Владимир Николаевич являлся организатором двух бригад из студентов, аспирантов и преподавателей МИИТ. Одной – под его научным руководством, а второй – под руководством его первого ученика профессора С. В. Земблинова. По заданию НКПС надо было обследовать 35 крупнейших станций и узлов. Бригады выезжали и на месте обследовали, намечали мероприятия и составляли проекты для переустройства крупнейших станций и узлов. В результате этой большой работы были составлены проекты переустройства узлов Москвы, Ленинграда, Донбасса, Кузбасса, станций Пермь, Ярославль и ряда других.

В 1933 году Владимир Николаевич завершил капитальный труд «Железнодорожные узлы» (издательство «Трансжелдориздат»), научные разработки которого легли в основу целой серии учебников «Станции и узлы».

Умение широко мыслить, видеть сущность поставленных вопросов и способность быстро понимать самую суть задач – качества, характерные для научных работ В. Н. Образцова, посвященных самым разным проблемам транспорта, и его практической деятельности. Поэтому его как специалиста широкого профиля привлекали на наиболее актуальные и ответ-

ственные работы. Приводим далеко не полный перечень его обязанностей по инженерно-научной и общественной деятельности:

- консультант управления по сооружению железных дорог (1919–1921 гг.);
- член Комиссии по объединению узлов при Главной инспекции НКПС (1923–1924 гг.);
- член Комитета по реконструкции (НКПС) (1919–1933 гг.);
- член Технического совета Днепростроя (1927–1930 гг.);
- консультант Гипрогора (1932–1934 гг.);
- член НТС при Министерстве путей сообщения (с 1935 г. до конца жизни);
- член экспертизы Московского метрополитена и др.

Как консультант Гипрогора В. Н. Образцов принимал непосредственное участие в разработке вопросов функционирования транспорта при планировке и реконструкции многих городов: Москвы, Сталинграда, Магнитогорска, Баку, Ростова-на-Дону, районов Южного берега Крыма, Минеральных вод, Черноморского побережья Кавказа и др. В новых трудах он развивал свою идею о «глубоком вводе» и критиковал мнения некоторых специалистов по поводу выноса железных дорог из города. Вот список только некоторых из этих работ: «Железная дорога в городе», «Транспорт и планировка городов», «Внеуличные пересечения в планировке городов» и т. д. Надо отметить, что эти труды и сегодня имеют актуальное значение и востребованы современниками.

Он был одним из организаторов создания Научно-исследовательского института промышленного транспорта (ВНИИПТ) и потом состоял нем научным консультантом. Через его руки прошли проекты крупнейших гигантов металлургии – Магнитогорского, Запорожского и Кузнецкого комбинатов, Уралэлектромаша и др.

Принимая участие в планировке развития районов Черноморского побережья Кавказа и Крыма, Владимир Николаевич поставил перед правительством страны вопрос о строительстве пассажирских подвесных канатных дорог у нас в стране. Целесообразность применения таких дорог он доказал еще в 1910 году в опубликованной работе «Горные дороги Швейцарии».

Такие дороги на горе Эльбрус, Ай-Петри и Машук впоследствии были построены и сегодня с успехом эксплуатируются. Проект фуникулера для санатория в Сочи (тоже первого в нашей стране) был выполнен под руковод-

ством В. Н. Образцова, и он лично принимал участие в его предпусковых испытаниях. Именно в это время им были написаны труды по промышленному транспорту: «Специальные дороги», «Наземные дороги с непрерывной тягой», «Железные дороги однорельсовые», «Теоретические элементы подвесных канатных дорог», «Курортные дороги специального типа» и др.

За большие научные и инженерные достижения в развитии транспорта в 1935 году В. Н. Образцову было присвоено звание «Заслуженный деятель науки РСФСР», и он был утвержден в ученой степени доктора технических наук.

В том же году В. Н. Образцов стал членом Научно-технического совета НКПС и начальником Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (НИИЖТ). На этом ответственном посту (с 1935 по 1940 год) Владимир Николаевич проводил большую научную и организационную работу. Институт был организован на базе существовавших ранее институтов тяги, эксплуатации, вагонного, связи, электрификации и металлов. Новый начальник начал работу с перестройки всей научной работы на транспорте. Под его руководством институт быстро стал передовым научным центром, выполняющим большие исследования по многочисленным вопросам транспорта. В этот период в институте были разработаны новые методы производства тяговых расчетов, проектировались конструкции паровозов и вагонов, автосцепки, автотормозов, успешно была разрешена проблема отопления паровоза, очень важная в то время. Под руководством В. Н. Образцова был также разработан новый тип стрелочного перевода, обеспечивающий применение более крутой марки крестовины (1/6 вместо 1/9) при сохранении радиуса кривой. Это позволило не только сократить длину стрелочной зоны, но и значительно уменьшить расходы на сооружение сортировочных горок.

В 1938 году В. Н. Образцов разработал научную тематику в области транспорта и предложил ее Академии наук СССР, где она была с успехом принята. Скоро Президиум Академии принял решение об организации в системе Академии наук Секции по научной разработке проблем транспорта. Руководителем был назначен профессор В. Н. Образцов, который занимал этот пост до конца своих дней.

Впоследствии секция была преобразована в Институт комплексных транспортных проб-





лем при Госплане СССР, занимавшийся разработкой комплексных вопросов развития транспорта.

Выдающиеся заслуги В. Н. Образцова как крупнейшего ученого, замечательного популяризатора науки, талантливейшего лектора, инженера-новатора, общественного деятеля и патриота своей Родины послужили основанием к избранию его в январе 1939 года действительным членом Академии наук СССР.

Идеи комплексного развития всех видов транспорта Владимир Николаевич с присущим ему темпераментом и страстью разрабатывал всю жизнь.

В 1940 году в «Известиях Академии наук СССР» (№ 10) он опубликовал работу «Основные принципы построения транспортной сети СССР», в которой излагал научные основы гармонического развития всех видов транспорта. В этой значительной работе Владимир Николаевич дал всеобъемлющий анализ перспектив развития сети железных дорог Советского Союза и других стран и сделал неожиданный для того времени вывод: «догонять США нам по протяженности сети железных дорог нет нужды», так как интенсивность движения железных дорог США в 2,8 раза меньше, чем на отечественных дорогах.

Творческая мысль ученого Владимира Николаевича Образцова, желавшего видеть свою страну еще более могущественной в транспортном отношении, не давала ему покоя, в результате чего появляются его статьи «Перспективные вопросы транспорта» (журнал «Плановое хозяйство», 1940 год, № 5), «Об основных принципах построения транспортной сети СССР» («Строительство дорог», 1940 год, № 11), «Магистрали СССР» («Техника Молодежи», 1940 год, № 8–9).

В предвоенный год В. Н. Образцов в руководимой им секции решал научные проблемы, направленные на укрепление обороноспособности страны. К числу таковых относилось скоростное строительство железных и автомобильных дорог («Вестник АН СССР», 1940 год, № 7). По этой проблеме было проведено два всесоюзных совещания. «Узким местом» в стране в то время являлась слабая цементная промышленность, и Владимир Николаевич написал актуальную статью «Перспективы развития цементной промышленности» («Плановое хозяйство», 1940 год, № 10).

Экономия топлива на железнодорожном транспорте имела чрезвычайно большое народ-

нохозяйственное значение для Советского Союза («Вестник АН СССР», 1940 год, № 1), и Владимир Николаевич поставил вопрос о путях снижения расхода топлива, о переходе на новые типы будущих локомотивов (статья «Эксплуатационные параметры будущего локомотива» в журнале «Эксплуатация железных дорог», 1941 год, № 1).

В это время В. Н. Образцовым были написаны статьи «О распространении технических знаний в СССР» («Советская наука» 1940 год, № 1), «Наука и железнодорожный транспорт» («Советская наука», 1940 год, № 10), «Изобретатели и железнодорожный транспорт» («Станхановец», 1940 год, № 10), «К вопросу о транспортной проблеме города Москвы» («Архитектура СССР», 1940 год, № 2).

В журнале «Мир транспорта» (№ 3 за 2021 год) была опубликована статья Михаила и Ларисы Рощевских «Послевоенные проекты академика В. Н. Образцова о развитии транспорта на Европейском Севере СССР, посвященная проектам Образцова, в которых он заложил основы перспективного планирования железнодорожного, автомобильного, речного и авиационного транспорта на Европейском Севере СССР на несколько десятилетий вперед. Эти работы как всегда поражают далеко идущими перспективами освоения территории Европейского Севера и Арктики. Программы В. Н. Образцова по освоению Севера, являясь большой научной ценностью, не реализованы до сих пор, и особенно актуальны в XXI веке.

Даже из этого очень краткого перечня доведенных работ В. Н. Образцова, приведенного в статье, видна многогранная деятельность этого ученого.

Внося свой вклад в сохранение научного наследия академика В. Н. Образцова, во второй части статьи приводим библиографию его трудов.

## БИБЛИОГРАФИЯ ТРУДОВ В. Н. ОБРАЗЦОВА<sup>1</sup>

1902

1. Переустройство станции Иваново. [Проект, одобренный Инженерным советом 11.V. 1901 г.] // Инженерное дело. – 1902. – № 3. – 59 с.<sup>2</sup>

1904

2. Геометрические элементы для расчета стрелочных улиц и переводов при проектировании станций // Инженерное дело. – 1904. – № 1. – С. 147–179; № 2, С. 142–171.

<sup>1</sup> На основе собранной информации. – Прим. автора.

<sup>2</sup> В журнальной публикации библиографические описания приводятся в сокращении, в частности без указания включенных в издания чертежей, схем, иллюстраций. – Прим. ред.

## 1905

3. К вопросу о проектировании станций и их расчет // Инженерное дело. – 1905. – № 1. – С. 102–157.

4. К пересмотру правил о постройках, складах, раскопках и рассадках вблизи линии ж. д. // Инженерное дело. – 1905. – № 4. – С. 80–90.

5. К вопросу о производстве строительных и путевых работ на казенных железных дорогах // Инженерное дело. – 1905. – № 5–6. – С. 25–62.

## 1907

6. К вопросу о проектировании станций и их расчет // В кн.: Протоколы заседаний и совещаний. Труды 24 съезда инженеров службы пути русских ж. д. за 1906 г. – М.: Т-во Печатня С. П. Яковлева, 1907. – С. 201–237.

7. К вопросу о производстве строительных и путевых работ на казенных ж. д. // В кн.: Протоколы заседаний и совещаний. Труды 24 съезда инженеров службы пути русских ж. д. за 1906 г. – М.: Т-во Печатня С. П. Яковлева, 1907. – С. 239–262.

8. Доходность железной дороги и ее графическое изображение в зависимости от тарифных ставок // Известия Московского инженерного училища, ч. 2, Науч. труды. – 1907. – Вып. 1. – С. 103–118.

## 1908

9. Глушицкая узкоколейная ветвь // В кн.: Протоколы заседаний и совещаний. Труды 25 съезда инженеров службы пути русских железных дорог за 1907 г. – М., 1908, отд. IX. – С. 79–95.

## 1909

10. Теоретические исследования по обороту вагонов // Известия Московского инженерного училища, ч. 2, Науч. труды. – 1909. – Вып. 3. – С. 21–64.

## 1910

11. Горные дороги Швейцарии // Известия Московского инженерного училища, ч. 2, Науч. труды. – 1910. – Вып. 4. – С. 3–90.

12. Архитектурное отделение техникума в Биле // Записки Московского отделения Русского технического общества. – 1910. – № 1. – С. 1–15.

## 1911

13. Станция Bruxelles Nord и ее работа // Известия Московского инженерного училища, ч. 2, Науч. труды. – 1911. – Вып. 5. – С. 1–12.

## 1913

14. Аксонометрия. Курс Строительно-технического училища Московского товарищества инженеров и педагогов. – М., 1913. – 65 с. [стеклопр. изд.].

15. Массовый транспорт железнодорожный и водный // Записки Московского отделения Русского технического общества. – 1913. – Т. 36. – № 6. – С. 153–171; № 7. – С. 181–205.

## 1914

16. Теория перспективы. – М., 1914. – 28 с. [Стеклопр. изд. Строительно-технического училища Товарищества московских инженеров и педагогов].

## 1915

17. Промышленные училища. // Вест. инж., 1915. – № 23. – С. 1–14.

18. К вопросу об узкой колее // Известия Собрания инженеров путей сообщения. – 1915. – № 12. – С. 253–256.

## 1916

19. Экономические подъездные пути. – М.: тип. т-ва Рябушинских, 1916. – 85 с. [Совместно с Ю. В. Энгельгардтом].

20. Переправы и полевые мосты. Вып. 1. – М.: Всерос. союз земств и городов, 1916.

21. К вопросу о путях сообщения для фронта. – М.: тип. т-ва Рябушинских, 1916. – 18 с. (Моск. воен.-пром. ком-т, № 6).

22. Отчет об организации Военно-дорожных курсов при среднем Строительно-техническом училище москов-

ских инженеров и педагогов // Профессиональное образование. – 1916. – № 4. – С. 93–100.

23. Принципы русской железнодорожной сети // Продукт. силы России. – 1916. – № 1. – С. 32–35.

24. Доклад инж. В. Н. Образцова / В кн.: Совещание о ж.-д. строительстве на пятилетие 1917–1922 гг., созванное в Москве 15–16/Х 1916 г. Московским областным военно-промышленным комитетом. – М.: тип. т-ва Рябушинских, 1916. – С. 21–30. [Отд. изд. Московского военно-промышленного комитета, № 10]. Заключительное слово. Там же, С. 46–48.

25. Об организации головных транспортов // Известия Московского военно-промышленного комитета. – 1916. – № 31–32. – С. 29–30.

## 1917

26. Восстановление разрушенных мостов. – М.: Моск. Ком-т воен.-тех. помощи, 1917. – 138 с. [совместно с Н. М. Митропольским].

27. Переправы и полевые мосты / Вып. 1, 2-е изд. – М., 1917. – 46 с. (Моск. обл. воен.-пром. ком-т, отд. ПС на фронте, № 4).

28. Улучшение дорог для фронта и организация головных транспортов / В кн.: К вопросу об улучшении дорог на фронте. – М.: тип. т-ва Рябушинских, 1917. – С. 3–19. (Моск. обл. воен.-пром. ком-т, отд. ПС на фронте, № 12).

29. О демобилизации и ближайших задачах Военно-промышленного комитета в области транспорта // Известия Московского военно-промышленного комитета. – 1917. – № 48–49. – С. 7–9.

30. Программа Военно-дорожных курсов МКВТ при Среднем политех. училище моск. инж. и педагогов. (Всерос. Ком-т воен.-инж. помощи, Инж.-строит. секция, № 7).

## 1918

31. Условия строительства для настоящего момента // Вест. инж. – 1918. – Т. 4. – № 13–14. – С. 123–125.

32. Транспорт и профессиональное образование // Знание и сила. – 1918. – № 1. – С. 16–19.

33. Профессиональное образование // Знание и сила. – 1918. – № 2–3. – С. 95–107.

34. О демобилизации и ближайших задачах Военно-промышленного комитета // Известия Московского военно-промышленного комитета. – 1918. – № 50. – С. 4–5.

35. О переходе на четырехлетний курс и о постепенном преобразовании существующих средних технических училищ в связи с законопроектом о профессиональном образовании // Профессиональное образование. – 1918. – № 1. – С. 1–3.

36. О развитии организаторских способностей // Юное творчество. – 1918. – № 2. – С. 7–8.

## 1919

37. Конспект лекций по начертательной геометрии. – М.: Политехнический институт, 1919. – 45 с.

38. Подъездные пути // Транспорт и жизнь. – 1919. – № 1. – С. 4–6.

39. К вопросу о северной концессии и тарифная реформа // Транспорт и жизнь. – 1919. – № 12. – С. 12.

## 1920

40. Переправы и полевые мосты. Вып. 1. 3 изд. – М.: Гл. упр. воен. учеб. заведений РСФСР, 1920. – 46 с. [литогр. изд.]

41. Транспорт Московского промышленного района. Методы его удешевления и улучшения. – М.: НКПС, 1920. – 23 с.

42. Программы преподавания геометрии и черчения в школах для взрослых. Доклад и объяснительная записка. // В сб.: Программа комиссий грамотности НКП. – Н. Новгород, изд. Нижегор. губ. отд. нар. обр., 1920. – 15 с.

43. Доклад о топливных путях. Совещание при Отд. новых линий и подъездных путей Тех. упр. НКПС. 16 янв. 1920 г. – М.: Тех. Упр. НКПС, 1920 [стеклопр. изд.].





44. О профессионально-техническом образовании в Советской России. – М.: Госиздат, 1920. – 8 с.

45. О глубоком вводе товарных поездов в г. Москву // Бюлл. НКПС. – 1920. – № 68. – С. 1.

### 1921

46. Механизация транспорта и грузовых операций в условиях настоящего момента. / В кн.: Инициативная конференция по научной организации труда в производстве. Сб. тезисов к докладам представителей на конференцию по НОТ. – М.: НКПС, 1921. – С. 68–72.

47. Уплотнение транспорта как один из методов тэйлоризации дорог. / В кн.: Инициативная конференция по научной организации труда в производстве. Сб. тезисов к докладам представителей на конференцию по НОТ. – М.: НКПС, 1921. – С. 23–29.

48. О построении учебных планов и программ для рабочих факультетов // Вест. раб. фактов. – 1921. – № 2–6. – С. 4–68.

49. Программы рабочих факультетов, Вып. 1. Программа по механике для строителей. – М.: Госиздат, 1921. – С. 62–69.

### 1922

50. Станции и их принадлежности. – М.: МИИТ, 1922. – 76 с. (НКПС. Центр. курсы по повышению квалификации высшего комсостава ж.-д. транспорта СССР) [стеклор. изд.].

51. Аксонометрия. Лекции, читанные на 1 курсе Инженерно-строительного факультета. – М.: МИИТ, 1922. – 64 с. [стеклор. изд.].

52. Чертение. / В кн.: Учебные планы и программы рабочих факультетов, вып. 4. Программа по технической грамотности. – М.: НКП, Отд. рабфаков, 1922. – С. 4–16.

53. Теория теней. Лекции, читанные на 1 курсе Инженерно-строительного факультета. – М.: МИИТ, 1922. – 51с.

54. Транспорт. – М., ЦНТКП, 1922. – 40 с. (Центр. науч.-тех. клуб профсоюзов. Систематические программы лекций по отдельных отраслях знания и производства, с прил. указателей рекомендованной литературы, № 3).

55. Проект распределения узлов на русской ж.-д. сети и сортировочной работы узлов с целью сокращения маневровой работы и простоя вагонов // Техника и экономика ПС. – 1922. – № 12. – С. 445–466.

56. Рабочие факультеты и их учебно-организационное развитие // Знамя рабфаковца. – 1923. – № 4–5. – С. 43–58.

57. Языки цифр. – Там же, С. 58–59.

58. Технические экскурсии. – Там же, С. 147–152.

59. Деление дорог на категории // Техника и экономика ПС. – 1922. – № 19–20. – С. 251–253.

60. Различные типы дорог, их недостатки, достоинства и принципы дорожной сети в России. – Там же, С. 262–272.

61. Цели и задачи конференции по учебно-программным вопросам рабфаков // Знамя рабфаковца. – 1922. – № 1. – С. 21–22.

62. История развития рабочего факультета им. т. Калинина [Межевого]. – Там же, С. 39.

63. Основные вопросы и задачи конференции по учебно-программным вопросам // Знамя рабфаковца. – 1922. – № 3. – С. 37–42.

64. Работа конференции по учебно-программным вопросам. – Там же, С. 43–67.

65. По вопросу о вечерних рабфаках // Знамя рабфаковца. – 1922. – № 6. – С. 29–31.

66. Трехлетие рабочих факультетов и ближайшие задачи Калининского рабфака. / В кн.: «Юбилейный журнал Рабфака им. Калинина». 26 сент. 1922 г. – М.: Изд. Раб. фак-та им. Калинина, 1922 [стеклор. изд.].

### 1923

67. Второй Всероссийский съезд рабфаков // Знамя рабфаковца. – 1923. – № 3–5. – С. 18–38.

68. Непрерывный транспорт // Знамя рабфаковца. – 1923. – № 6–7. – С. 84–87.

69. О постановке курса организации труда и производства // Знамя рабфаковца. – 1923. – № 8–9. – С. 31–40.

70. Некоторые итоги строительства рабфаков [составлено с В. Завадье]. – Там же. – С. 14–24.

71. Водные великаны. – Там же. – С. 131–134.

### 1924

72. Транспорт. Программы популярных лекций по транспорту. – 2-е изд. – М.: НКПС, Транспечать, 1924. – 85 с.

73. Опыт реорганизации учебной постановки в Московском институте инж. ПС / В кн.: Материалы по реформе высшего образования. Вып. 1. – М.: Госиздат, 1924. – С. 3–25.

74. Опыт нового метода преподавания в Московской горной академии. – Там же. – С. 26–31.

75. Местный транспорт в развитии производительных сил страны. / В кн.: Местный транспорт в народном хозяйстве СССР. Сб. статей. Вып. 1. – М.: «Мотор», 1924. – С. 5–9.

76. Об успеваемости бывших рабфаковцев в ВУЗе. Наркомпрос. – 1924, № 6–7. – С. 4.

77. Какой тип инженера нам нужен // Кр. молодежь. – 1924, сентябрь. – С. 98–102.

### 1925

78. Энциклопедия путей сообщения. Вводный курс. – М.-Л., Госиздат, 1925. – 240 с.

79. 12 экскурсий на железнодорожную дорогу. [Пособие для проведения экскурсий учащимися]. – МЦУ по просвещению на транспорте, 1925. – 110 с.

80. Графическая грамотность. Чертение. – М.: Госиздат, 1925. – 84 с. [составлено с В. Журавлевым].

81. Методика учебного дела. / В кн.: Бюлл. науч.-тех. правления МИИТ. – М.: тип. Раб. газ., 1925. – 32 с.

82. Проекты и идеи развития русских станций в период мировой и гражданской войн / В кн.: Труды 21-го совещательного съезда представителей служб эксплуатации ж.д. СССР. – М., 1925. – С. 584–600.

83. Переустройство Московского узла Московско-Казанской ж.д. // Ж.-д. дело. – 1925. – № 12. – С. 23–41.

84. Некоторые вопросы железнодорожного транспорта ЦПО. / В кн.: Производственные силы Центральной промышленной области. – М.: Госплан, 1925. – 3 отд. – С. 273–285. (Труды Госплана, кн. 5).

85. Доклад о деятельности Плановой комиссии и ее ближайших задачах / В кн.: Вторая Межсоюзная внутриинститутская конференция пролетарского студенчества МИИТ 20–23 мая 1925 г. – М.: МИИТ, 1925. – С. 35–38.

86. Общий обзор проектов. [Проекты, премированые на конкурсе Цутранспроса] // Просвещение на транспорте. – 1925. – № 5–6. – С. 65–70.

87. Об основных достижениях в области методики преподавания в вузах. // Бюлл. науч.-тех. секции ГУСа. – 1925. – № 7. – С. 7–9.

88. Рабочие факультеты и их учебно-организационное развитие. // Знамя рабфаковца. – 1925. – № 4–5. – С. 15.

### 1926

89. Постановка и методика преподавания в Московском институте инженеров транспорта. – М.: МИИТ, 1926. – 30 с.

90. Московский узел и основные идеи его переустройства. / В кн.: Труды 22-го Совещательного съезда представителей служб эксплуатации ж.д. СССР – Орел: тип. «Париж. коммуна», 1926. – С. 1–65.

91. Экономика местного транспорта и пионерного строительства. // Тр. МИИТ. – 1926. – Вып. 1. – С. 8–31.

92. Тоннельные путепроводы при проектировании узлов и станций. // Тр. МИИТ. – 1926. – Вып. 2. – С. 143–157.

93. Очерк развития русских станций за период 1837–1925 гг. // Вест. ПС. – 1926. – № 15. – С. 10–12.

94. К вопросу о переустройстве Екатеринославского узла. // Ж.-д. дело. – 1926. – № 8. – С. 7–9.

95. Объединенное железнодорожное хозяйство в теории и на практике. – Вестник пути. – 1926. – № 75. – С. 2.

1927

96. Техника проектирования узлов // Тр. МИИТ. – 1927. – Вып. 5. – С. 7–36.

97. Типовая станция V–III класса с постепенным развитием // Там же. – С. 63–92.

98. Пер.: Ганфштейн Г. Транспортное устройство для массовых грузов. – М.: Госиздат, 1927. – 319 с. [Совместно с Д. В. Шумским и О. Н. Савиной].

1928

99. Станции и их принадлежности. (15 лекций). – М.: МИИТ, Изд. Центр. курсов по повышению квалификации высшего комсостава ж.-д. транспорта СССР, 1928. – 72 с.

100. К вопросу о тяговых расчетах сортировочных горок // Тр. МИИТ. – 1928. – Вып. 9. – С. 129–152.

101. Зимний транспорт и его возможные перспективы // Строительная промышленность. – 1928. – № 4. – С. 265–268.

102. К вопросу о массовом транспорте из Донбасса // Железнодорожное дело. – 1928. – № 10. – С. 12–14.

1929

103. Основные данные для проектирования ж.-д. станций. – М.: Госиздат, 1929. – 344 с.

104. Примерная ориентировочная расценочная ведомость на сооружение больших сортировочных станций. – М.: 1929. – 14 с. [Совместно с М. И. Шлыгиным. Стеклопр. изд.].

105. Железные дороги горные // Трансп. энциклопедия. – 1929. – Т. 7. – С. 670–683.

106. Железные дороги однорельсовые // Там же. – С. 683–684.

107. Доклад проф. Образцова о Комиссии по учебникам при Научно-технической секции ГУСа // В кн.: Студенчество и книга. (Материалы совещания студенчества, профессоров и издательств. 25 июля 1928 г.). – М.-Л.: Госиздат, 1929. – С. 10–17.

1930

108. Проектирование и расчет сортировочной горки и головы сортировочных парков. – М.: МИИТ, 1930. – 36 с.

109. К вопросу о глубоких вводах в метрополитен // Коммунальное хозяйство. – 1930. – № 6. – С. 44–48.

110. Заметки по благоустройству города Москвы // Коммунальное хозяйство. – 1930. – № 11–12. – С. 70–74.

1931

111. Роза ветров и ее влияние на сортировку вагонов. – М.: МИИТ, 1931. – 38 с.

112. О глубоком вводе в город электрических железнодорожных дорог // Коммунальное хозяйство. – 1931. – № 13–14. – С. 42–43.

113. Глубокий ввод. [К вопросу о метрополитене в Москве] // Коммунальное хозяйство. – 1931. – № 19–20. – С. 7–17.

114. Неотложный вопрос. О связи метрополитена и трамваев с электрическим пригородным транспортом // Там же. – С. 17–20.

1932

115. Специальные дороги. Вып. 2. Наземные канатные дороги с колебательным движением (реверсивные). – М.: ОГИЗ, Гострансиздат, 1932. – 88 с. [Совместно с Е. А. Ратнером].

116. Железная дорога в городе. – М.-Л.: ОГИЗ, Гострансиздат, 1932. – 48 с. (Тр. МИИТ, вып. 30).

117. Расчетный график для построения цепной линии провеса гибкой нити. – М.: Стандартизация и рационализация, 1932. – 9 с.

118. Железные дороги. Техника // БСЭ. – 1932. – Т. 24. – Стб. 711–745.

119. Отзывы по основным вопросам Экспертной комиссии по метрополитену // В кн.: Московский ме-

трополитен. – М.: Изд. Упр. Метростроя, 1932. – С. 166–174.

120. Особое мнение по вопросу о габарите для метрополитена // Там же. – С. 174–175.

121. Глубокий ввод в Москве в связи с метрополитеном // СОРЕНА. – 1932. – № 5. – С. 100–109.

122. К истории возникновения комбинированных перевозок при помощи контейнеров // В кн.: Контейнеры. Сб. статей. – Л.-М.: Стандартизация и рационализация, 1932. – С. 47–61.

123. Глубокий ввод разгрузит уличное движение Москвы // В бой за технику. – 1932. – № 3. – С. 15–17.

1933

124. Железнодорожные узлы. Транзитные узлы и техника их проектирования. – М.-Л.: НКПС, Трансжелдориздат, 1933. – 131 с.

125. Программа производственной практики «Проектирование станций и узлов» для студентов эксплуатационной специальности. – М.: НКПС, 1933. [Стеклопр. изд.].

126. Осаживание вагонов на подгорочных путях // Эксплуатация ж. д. – 1933. – № 5–6. – С. 16–19.

127. Транспорт в планировке города // Планировка и строительство городов. – 1933. – № 2. – С. 9–13.

128. Транспорт и планировка // За социалистическую реконструкцию городов. – 1933. – № 6. – С. 21–23.

129. Внутригородской транспорт и планировка города // В кн.: Первая всесоюзная конференция по планировке и строительству городов. – М.: Власть Советов, 1933. – С. 12–16.

130. Все средства на оживление лекций // За промышленные кадры. – 1933. – № 1. – С. 44–46.

131. Какая лекция нужна высшей советской школе // Фронт науки и техники. – 1933. – № 1. – С. 56–57.

1934

132. Наземные дороги с непрерывной тягой. Специальные дороги. – М.-Л.: ОНТИ, Госстройиздат, 1934. – 97 с. [Совместно с Е. А. Ратнером].

133. Программа по курсу «Станции и узлы» для эксплуатационной специальности. – М.: Трансжелдориздат, 1934. – 18 с.

134. Программа по курсу автодорожного, водного и местного железнодорожного транспорта для эксплуатационной специальности. – М.: Трансжелдориздат, 1934. – 4 с.

135. Железнодорожный транспорт и планировка города // В кн.: Планировка и соц. реконструкция городов. Вып. 1. – М.-Л.: 1934. – С. 118–163.

136. Внеуличные пересечения в планировке городов // Архитектура СССР. – 1934. – № 11. – С. 38–41.

137. Индустриально-технические науки. (Московский институт инженеров транспорта) // Фронт науки и техники. – 1934. – № 1. – С. 95–96.

138. К вопросу о переводе Академии наук // Фронт науки и техники. – 1934. – № 5–6. – С. 152.

139. Научно-производственные экскурсии // Фронт науки и техники. – 1934. – № 10–11. – С. 51–54.

140. Памяти проф. Е. А. Гибшмана // Эксплуатация железных дорог. – 1934. – № 4. – С. 31.

141. Пер.: Ганфштейн Г. Механизация транспорта массовых грузов. Т. 1. Транспортеры и конвейеры. 2-е изд. – М.-Л.: ОНТИ НКТП, 1934. – 296 с. [Совместно с Д. В. Шумским и О. Н. Савиной].

1935

142. Станции и узлы. Ч. 1. Малые и участковые станции. – М.: Трансжелдориздат, 1935. – 316 с. [Совместно с В. Д. Никитиным и С. П. Бузановым].

143. Методика курса «Станции и узлы» // В кн.: Опыт составления частных методик кафедрами опорных вузов ж.-д. транспорта. – Л.: ЛИИЖТ, 1935. – С. 95–119.

144. Курортные дороги специального типа. – Планировка и строительство городов. – 1935. – № 7. – С. 36–40.





145. Педагогу необходима связь с производством // Подготовка кадров ж.-д. транспорта. – 1935. – № 10. – С. 18–21.
146. Курортно-горные дороги // В бой за технику. – 1935. – № 3. – С. 10–11.
147. Дорога на Эльбрус // В бой за технику. – 1935. – № 12. – С. 22–23.
148. Самостоятельная работа плюс повседневный контроль // Подготовка кадров ж. д. транспорта. – 1935. – № 1. – С. 9–10.
149. Транспорт / В кн.: Социалистическая реконструкция Южного берега Крыма. – Симферополь: Гос. Изд. Крым. АССР, 1935. – С. 329–346.
150. Устойчивый рабочий план – вот что вам нужно сейчас // Подготовка кадров ж.-д. транспорта. – 1935. – № 4–5. – С. 53–54.

### 1936

151. Предварительные выводы по проектированию [сортировочных] горок // Железнодорожная техника. – 1936. – № 1. – С. 17–26.
152. Роза ветров и ее применение к проектированию горок / В кн.: Мат. 1-й научно-тех. конференции кафедр МИИТ. – М.: МИИТ, 1936. – С. 38–44.
153. Проектирование горок на железнодорожном транспорте // Фронт науки и техники. – 1936. – № 6. – С. 61–63.
154. О проектировании спусков и подъемов в городах и курортах // Архитектура СССР. – 1936. – № 2. – С. 52–54.
155. Транспорт в планировке жилого квартала // Архитектура СССР. – 1936. – № 11. – С. 56–59.
156. Железнодорожные музеи за границей // В бой за технику. – 1936. – № 9. – С. 20.
157. Повседневно изучать стахановскую практику // Стахановец. – 1936. – № 3–4. – С. 11

### 1937

158. Вопросы железнодорожного транспорта в третьем пятилетии // Плановое хозяйство. – 1937. – № 5–6. – С. 55–63. [Совместно с С. В. Земблиновым].
159. Развитие железнодорожных дорог СССР в третьей пятилетке // В бой за технику. – 1937. – № 6. – С. 7–10. [Совместно с С. В. Земблиновым].
160. Железнодорожный транспорт за 20 лет советской власти // В бой за технику. – 1937. – № 11. – С. 8–12.
161. Научная работа на транспорте // Фронт науки и техники. – 1937. – № 12. – С. 96–102.
162. Сорок лет на железнодорожном транспорте // Железнодорожная техника. – 1937. – № 7. – С. 69–70.
163. Вспоминая и сравнивая // Советское студенчество. – 1937. – № 9. – С. 16–17.
164. Урок простоты и точности // Крокодил. – 1937. – № 29–30. – С. 22. [Встреча с М. И. Калининым].

### 1938

165. Станции и узлы. Ч. 2. – М.: Трансжелдориздат, 1938. – 492 с.
166. Объяснительная записка к кн.: «Станции и узлы», изд. 1935 г. – М., 1938. [Совместно с другими]. [Стеклопр. изд.].
167. СССР – великая железнодорожная держава. – М., 1938. – 8 с. (Микрофон. материалы Всесоюзного радиокомитета, № 107).
168. Задачи и перспективы научно-исследовательской работы на ж.-д. транспорте // Социалистический транспорт. – 1938. – № 6. – С. 30–44.
169. Молодые ученые железнодорожного транспорта // Социалистический транспорт. – 1938. – № 10. – С. 5–12.
170. Наука и транспорт // В бой за технику. – 1938. – № 7. – С. 4–8.
171. Передовая наука и социалистический транспорт // Стахановец. – 1938. – № 7. – С. 52–55.
172. Внеклубные эстакады и уличные мосты // Архитектура СССР. – 1938. – № 5. – С. 29–31.

173. Важнейшая задача интелигенции – овладеть большевизмом // Партийный работник ж.-д. транспорта. – 1938. – № 11. – С. 12–15.
174. Гордитесь высоким званием гражданина СССР // Советское студенчество. – 1938. – № 8. – С. 13.

175. Ред.: Общий курс железных дорог. Т. 1. – М.: Трансжелдориздат, 1938. – 88 с. [Совместно с Г. К. Ковальковым].
176. Ред.: То же, Т. 2. – 436 с.
177. Ред.: То же, Т. 3. – 392 с.

### 1939

178. Железные дороги СССР. – М.: Изд. литературы на иностранных языках, 1939. – 32 с.
179. Социалистический транспорт и его перспективы // Вестник АН СССР. – 1939. – № 11–12. – С. 237–249.
180. Железнодорожный транспорт в третьей пятилетке // В бой за технику. – 1939. – С. 11–14.
181. Безостановочное скрещение поездов // Социалистический транспорт. – 1939. – № 12. – С. 34–38.
182. СССР – великая железнодорожная держава // В кн.: Рассказы о великом съезде. – М.: Издательство детской литературы, 1939. – № 12. – С. 32.
183. Транспорт // Техника молодежи. – 1939. – № 12. – С. 32.
184. Реконструкция автомобильных дорог // В бой за технику. – 1939. – № 9. – С. 17–20.
185. За осуществимые фантазии // Пионер. – 1939. – № 11. – С. 120–121.
186. Дорога на Памир // Вокруг Света. – 1939. – № 3. – С. 11–12.
187. Ред.: Техническая эксплуатация железных дорог СССР. – М.: Трансжелдориздат, 1939. – 38 с. [Совместно с В. В. Исаевым].

### 1940

188. Задачи и перспективы научно-исследовательской работы на железнодорожном транспорте / В кн.: Труды 1-й научно-технической конференции МИИЖА. – М.: Трансжелдориздат, 1940. – С. 5–21.
189. Основные принципы построения транспортной сети СССР // Известия АН СССР, ОТН. – 1940. – № 10. – С. 17–29.
190. Совещание по скоростному строительству железных и автомобильных дорог // Вестник АН СССР. – 1940. – № 6. – С. 82–90.
191. Совещание по экономии топлива на железнодорожном транспорте // Вестник АН СССР. – 1940. – № 7. – С. 48–57.
192. Перспективные вопросы транспорта // Плановое хозяйство. – 1940. – № 5. – С. 70–73.
193. Перспективы развития цементной промышленности // Плановое хозяйство. 1940. – № 10. – С. 44–49. [Совместно с А. С. Кудрявцевым].
194. Работа станций в военных условиях // Социалистический транспорт. – 1940. – № 6–9. – С. 63–77.
195. Об американских станциях // Социалистический транспорт. – 1940. – № 11. – С. 38–40.
196. Об основных принципах построения транспортной сети СССР // Строительство дорог. – 1940. – № 11. – С. 6–8.
197. О распространении технических знаний в СССР // Советская наука. – 1940. – № 1. – С. 147–149.
198. Наука и железнодорожный транспорт // Советская наука. – 1940. – № 10. – С. 37–47.
199. К вопросу о транспортной проблеме города Москвы // Архитектура СССР. – 1940. – № 2. – С. 62–65.
200. Магистрали СССР // Техника молодежи. – 1940. – № 8–9. – С. 15–16.
201. Изобретатели и железнодорожный транспорт // Стахановец. – 1940. – № 10. – С. 19–20.

## 1941

202. Упрощение методов строительства и грузовых операций // Железнодорожный транспорт. – 1941. – № 7–8. – С. 30–38.

203. Эксплуатационные параметры будущего локомотива // Эксплуатации железных дорог. – 1941. – № 1. – С. 5–12.

204. О городском транспорте Москвы // Коммунальное строительство. – 1941. – № 2. – С. 19–21 [согласно с Ф. И. Шаульским].

## 1942

205. Некоторые вопросы восстановления и эксплуатации железных дорог // Железнодорожный транспорт. – 1942. – № 1. – С. 46–57.

206. Регулирование движения [ж.-д. поездов] при загорах // Железнодорожный транспорт. – 1942. – № 6. – С. 23–29.

207. Методы ликвидации последствий перерывов и задержек движения поездов // Техника железных дорог. – 1942. – № 3–4. – С. 5–7.

208. Некоторые вопросы технического развития железных дорог. – Железнодорожный транспорт. – 1942. – № 12. – С. 42–48.

## 1943

209. Железнодорожный транспорт в дни Великой Отечественной войны. – М.: Профиздат, 1943. – 64 с.

210. Усиление пропускной и провозной способности однопутных линий // Железнодорожный транспорт. – 1943. – № 3–4. – С. 62–68.

211. Наука и железнодорожный транспорт во время войны // Наука и жизнь. – 1943. – № 11–12. – С. 27–30.

212. Транспорт Урала // Вестник АН СССР. – 1943. – № 4–5. – С. 52–57.

213. Научно-техническая пропаганда Академии наук СССР на Урале // Вестник АН СССР. – 1943. – № 6. – С. 99–102.

214. Некоторые вопросы восстановления и дальнейшего развития транспорта // Известия АН СССР. – 1943. – № 8. – С. 3–13.

215. Железнодорожный транспорт в Отечественной войне // Агитация и пропаганда Красной Армии. – 1943. – № 23. – С. 10–14.

216. Деревянные эстакады для выгрузки угля // Техника железных дорог. – 1943. – С. 3–5.

## НАИБОЛЕЕ КРУПНЫЕ ПРОЕКТЫ

### В. Н. ОБРАЗЦОВА С 1914 ПО 1936 ГГ.

1914–1915 гг. Проект сортировочной станции Перово-Сортировочная Московско-Казанской ж.д.

1914–1915 гг. Проект типовой станции и разработка согласно этому типу всех станций участка Александровск–Джанкой Южной ж.д. в связи с устройством 2-го пути на этом участке.

1914–1915 гг. Проект станции Никитовка Южной ж.д.

1915–1916 гг. Проект полного и частичного развития станции Смоленск и Смоленск-Сортировочная (Смоленский узел).

1915–1916 гг. То же, станции Вязьма.

1915–1916 гг. Перепроектировка и развитие станций линии Москва – Барановичи в связи с нуждами военных действий (наступление и отступление).

1915–1916 гг. Проект станций Архангельской линии в связи с перестройкой (1915–1916) на широкую колею участка Вологда – Урочь.

1915–1916 гг. Проект станции Вологда в связи с той же перестройкой.

1915–1916 гг. Проектирование ряда мелких станций (до 30) на Северной ж.д.

1916 г. Проект переустройства и дальнейшего развития станций на участке Москва – Мытищи.

1916 г. Проект переустройства станции Иваново (2-я очередь).

1916–1917 гг. Проект станции Новосокольники Московско-Виндаво-Рыбинской ж.д.

1916–1924 гг. Проект развития дачной станции Одинцово и ряда пригородных дачных участков направления Москва – Можайск.

1917–1924 гг. Проект полного и частичного развития станции Москва-Александровская.

1920 г. Проект Запорожского узла (согласно с И. И. Костиным).

1920–1922 гг. Проект Нижегородского узла.

1922 г. Проект объединения Селенского узла.

1923 г. Проект колебательного движения на станции Москва Александровской ж.д. (согласно с С. В. Зембилиновым).

1923 г. Проект объединения Сызранского узла (согласно с С. В. Зембилиновым).

1923 г. Проект объединения Рязанского узла (согласно с М. Ф. Гунгером).

1923 г. Проект переустройства Московского узла (Московско-Казанской ж.д.) в товарном отношении (согласно с Коньковым).

1928–1929 гг. Проект переустройства станции Кочетовка.

1929 г. Проект переустройства Саратовского узла.

1929 г. Проект сети городских дорог в г. Большое Запорожье (согласно с Заорским и Костиным).

1931 г. Проект глубокого ввода в Москве (бригадная научная работа при НИИ МИИТа).

1931–1933 гг. Проект Саратовского узла.

1936 г. Консультировал проект переустройства транспорта района и курортов Кавказских Минеральных Вод, разработанный Бордуковым (Архитектурная мастерская № 2, проф. В. Н. Семенов).

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шаульский Б. Ф., Осьминин А. Т. Выдающийся ученый, инженер и педагог В. Н. Образцов. – М.: УМЦ на железнодорожном транспорте, 2010. – 380 с. ISBN 978-5-9994-0046-8.

2. Образцов В. Н. В чем моя школа и как я подошел к ней. Рукопись, 1934.

3. Зензинов Н. А., Рыжак С. А. Выдающиеся инженеры железнодорожного транспорта. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1990. – 480 с.

4. МИИТ на рубеже веков / Под общ. ред. Б. А. Лёвина. – М.: МИИТ, 2002. – 639 с. ISBN 5-7876-0015-0.

5. Образцов П., Образцова Е. Необыкновенный Образцов. О хозяине кукольного дома и его семье. – М.: Ломоносовъ, 2014. – 224 с.

6. Рощевская Л. П., Рощевский М. П. Послевоенные проекты академика В. Н. Образцова по развитию транспорта на Европейском Севере СССР. // Мир транспорта. – 2012. Т. 19. – № 3. – С. 124–132. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2021-19-3-13>.

7. Материалы Музея Российского университета транспорта.

## Информация об авторе:

**Куликова Екатерина Борисовна** – кандидат технических наук, доцент, директор Фонда целевого капитала, директор Музея Российского университета транспорта, Москва, Россия, iuit\_kulikova@inbox.ru.

Статья поступила в редакцию 01.12.2023, одобрена после рецензирования 27.12.2023, принята к публикации 28.12.2023.





# Академик В. Н. Образцов в истории Московского института инженеров транспорта (к 150-летию со дня рождения)



Александр ГОРБУНОВ



Алексей ФЕДЯКИН



Анастасия ТАНЦЕВОВА

Александр Александрович Горбунов <sup>1</sup>, Алексей Владимирович Федякин <sup>2</sup>,  
Анастасия Владимировна Танцевова <sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Российский университет транспорта, Москва, Россия.

<sup>1</sup> РИНЦ Author ID: 867337.

<sup>2</sup> ORCID 0000-0002-2387-3846; Web of Science Researcher ID: AAG-1475-2021; Scopus Author ID: 57212589179;  
РИНЦ Author ID: 460853.

<sup>3</sup> РИНЦ Author ID 988147.

✉ <sup>2</sup> avf2010@yandex.ru.

## АННОТАЦИЯ

Статья посвящена юбилею академика Владимира Николаевича Образцова, одного из организаторов отечественной транспортной науки, основоположника научной школы проектирования железнодорожных станций и транспортных узлов, ведущего специалиста в области эксплуатации железнодорожных дорог, видного общественного деятеля, профессора МИИТ. Профессиональная и творческая деятельность талантливого педагога и ученого тесно связана с историей

крупнейшего транспортного университета страны – Московского института инженеров транспорта (МИИТ) (ныне – Российский университет транспорта). На материалах институтской газеты «Сталинец» рассматриваются этапы профессионального пути ученого. В МИИТ В. Н. Образцов проработал почти 50 лет, создал научную школу, подготовил десятки учеников и был руководителем первой в стране кафедры «Станции и узлы».

**Ключевые слова:** В. Н. Образцов, Московский институт инженеров транспорта, рабфак, проектирование железнодорожных станций и транспортных узлов, Российский университет транспорта.

---

**Для цитирования:** Горбунов А. А., Федякин А. В., Танцевова А. В. Академик В. Н. Образцов в истории Московского института инженеров транспорта (к 150-летию со дня рождения) // Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 120–129. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-15>.

---

Полный текст статьи в переводе на английский язык публикуется во второй части данного выпуска.  
English translation of the full text of the article is published in the second part of the issue.

**18** июня 2024 года исполняется 150 лет со дня рождения академика Владимира Николаевича Образцова (1874–1949), одного из организаторов отечественной транспортной науки, основоположника научной школы проектирования железнодорожных станций и транспортных узлов, ведущего специалиста в области эксплуатации железных дорог, видного общественного деятеля, профессора Московского института инженеров транспорта (МИИТ).

Профессиональная и научная деятельность талантливого педагога и ученого тесно связана с историей крупнейшего транспортного вуза страны – МИИТ (ныне Российской университет транспорта). В учебном заведении В. Н. Образцов проработал почти 50 лет. Свою преподавательскую деятельность он начал еще в дореволюционный период, в Императорском Московском инженерном училище (ИМИУ) и продолжил ее в МИИТ. Здесь он создал научную школу, подготовил десятки учеников и был руководителем первой в стране кафедры «Станции и узлы».

Уникальным историческим источником, с помощью которого можно воссоздать отдельные этапы пути ученого в стенах МИИТ, является институтская газета «Сталинец», выходившая с 1924 года (до 1931 года – «Красный путе-ец», «Студент транспортник», «Дзержинец»)<sup>1</sup>. На ее страницах отражена учебная, научная и общественная деятельность института. Материалы газеты впервые вводятся в научный оборот и позволяют воссоздать отдельные страницы жизни выдающегося ученого В. Н. Образцова, его педагогическую и научную деятельность в институте.

Научно-педагогическую деятельность в ИМИУ (с 1913 года – Московский институт инженеров путей сообщения) В. Н. Образцов начал в 1901 году, когда по приглашению профессора К. Ю. Цеглинского стал ассистентом по совместительству кафедры «Железные дороги». Это явилось началом большого творческого и профессионального пути педагога и ученого. О дореволюционном периоде педагогической работы В. Н. Образцова сохранилось немного сведений. К моменту прихода В. Н. Образцова в ИМИУ там уже сложился квалифицированный коллектив профессоров и преподавателей. Среди них заслуженные профессора Ф. Е. Максименко, С. М. Соловьев и Л. Д. Проскуряков и многие другие, которые самоотверженным трудом способствовали развитию учебного заведения, обеспечивали подготовку высококвалифицированных железнодорожных специалистов [1, С. 13]. До 1905 года в ИМИУ существовала

курсовая система, после она была заменена предметной и сохранилась при преобразовании училища в институт.

Значительным достижением в области технических наук в советский период стало создание научно-обоснованной теории проектирования железнодорожных станций и узлов. В 1919 году профильная кафедра впервые в стране была создана в Московском институте инженеров путей сообщения (МИИПС). Заведующим и профессором кафедры «Станции и узлы» был избран В. Н. Образцов [1, С. 94]. Кафедра сразу же развернула научную работу по формированию теории и поиску методов проектирования станций и узлов. Позже ученые кафедры занимались также проблемами сочетания различных видов транспорта: железнодорожного, водного, автомобильного, воздушного [1, С. 95].

Сохранились данные о заработной плате в самые первые годы советской власти. Социальное обеспечение преподавательского состава было не на самом высоком уровне с учетом стремительно росших цен и дефицита продуктов. Так, на 5 декабря 1918 года должностной оклад В. Н. Образцова, как сверхштатного преподавателя, составлял 1888 рублей 6 копеек [2, С. 100].

В 1920-е годы В. Н. Образцов много занимался вопросами профессионального технического образования. Несоответствие старой системы постановки преподавания в высших учебных заведениях с новыми социально-экономическими задачами в стране делало настоятельно необходимыми поиск новых решений и перестройку всей системы подготовки кадров. Темпы развития народного хозяйства страны настоятельно требовали максимального увеличения числа студентов и сокращения сроков обучения до минимума.

Профессор Образцов явился организатором рабочего факультета (рабфака) при МИИПС, который был открыт в 1919 году [3]. На рабфаке изучались дисциплины с транспортным уклоном, осуществлялась не только подготовка молодых людей для поступления в институт, но и их профессиональная техническая подготовка, дававшая возможность поступить работать на транспорт [4, С. 11]. Под председательством Владимира Образцова проходила Первая Всероссийская методологическая конференция рабфаков. Он являлся одним из разработчиков программ рабочих факультетов, которые утверждались на II и III съездах рабфаков [5].

В 1924 году В. Н. Образцов опубликовал материалы, в которых осветил опыт реорганизации постановки учебной работы в МИИПС, нового метода преподавания в Московской гор-

<sup>1</sup> Сегодня газета выходит под названием «Инженер транспорта».



ной академии. Они вышли в первом выпуске «Материалов по реформе высшего образования» научно-технической секции Государственного ученого совета Наркомпроса [6]. В них он отразил несоответствие старой системы постановки преподавания в высших учебных технических заведениях страны новым условиям строительства Советского государства. Перед высшей школой стояла задача начать подготовку «... инженера-организатора с одной стороны и инженера с достаточно высокой теоретической подготовкой по своей специальности с другой» [1, С. 26]. Профессор указывал, что в МИИПС еще в 1922 году «по инициативе группы преподавателей и академической студенческой секции, Правлением была создана так называемая Плановая Комиссия по разработке учебного плана и методов постановки» [6, С. 1]. Он выступал родоначальником новой методики преподавания для инженеров транспорта. В процессе обучения В. Н. Образцов руководствовался принципом минимума затрат при высоком качестве обучения, чтобы каждая затрата на обучение давала производительный результат. Он предлагал учитывать особенности состава студентов, уровень их общей подготовки, практические интересы студентов [7, С. 253]. Большинство предметов В. Н. Образцов рекомендовал изучать в ходе практических занятий с выполнением упражнений. Также он предлагал заменить систему занятий с предметной на курсовую. Результаты работы комиссии нашли отражение в новом учебном плане МИИПС и пояснительной записке к нему, одобренных Советом факультета и утвержденных Государственным ученым советом Наркомпроса в качестве нормального учебного плана [Бюллетень ГУС'а № 3, сентябрь 1923 г.] [6, С. 4].

Началом нового этапа в истории института и жизни учёного стал 1924 год. Осенью произошло слияние МИИПС с Высшими техническими курсами НКПС, что привело к изменению организационной структуры вуза и его переименованию в МИИТ. В целях более успешного проведения преобразований в вузе в состав его Правления были включены представители обоих учебных заведений, председателем был назначен член Коллегии НКПС А. Б. Халатов. От МИИПС в состав Правления института вошли профессора Е. А. Гибшман, В. Н. Образцов и студент А. А. Жуков, от Высших технических курсов – В. И. Ледовской, профессор В. И. Руднев и студент Г. М. Борисов [4, С. 12].

После слияния были организованы факультеты: 1) Строительный с двумя отделениями: а) постройки железных дорог, б) инженерных сооружений; 2) Водный с двумя отделениями: а) речным, б) морским; 3) Эксплуатационный;

4) Тяговый; 5) Электротехнический [4, С. 11]. В МИИТ начали функционировать факультеты, занимавшиеся подготовкой специалистов для различных отраслей транспортного комплекса страны. Специально созданная комиссия разработала учебные планы для каждой специальности института, а также определила соотношение между общеобразовательными, общетехническими и специальными дисциплинами [1, С. 30]. Особое внимание уделялось дипломному проектированию, которое велось исходя из задач НКПС, Госплана и других государственных учреждений. Профессора и преподаватели МИИТ принимали постоянное участие в производственных совещаниях НКПС и читали лекции на транспорте и производстве.

Благодаря научной и организационной деятельности профессора В. Н. Образцова в МИИТ была открыта аспирантура и началась подготовка высококвалифицированных технических кадров. Именно он впервые поставил вопрос о подготовке аспирантов в транспортном вузе на заседании Временной коллегии Научно-исследовательского института, которая состоялась в МИИТ 12 ноября 1925 года [7, С. 259]. В результате «Коллегия постановила: просить Главнауку прикрепить к научно-исследовательскому институту 20 человек аспирантов, считая по 4 человека на Секцию – группу ученых МИИТ, которые были специалистами в определенных направлениях науки» [7, С. 259].

В соответствии с положением о порядке подготовки научных работников при вузах и научно-исследовательских учреждениях Наркомпроса СССР осенью 1925 года в МИИТ был создан Научно-исследовательский институт (НИИ), который возглавил профессор Ф. Е. Максименко. Согласно утвержденному 5 марта 1926 года временному Положению о Научно-исследовательском институте при МИИТ, задачами его являлись: «а) организация научно-технических исследований в области транспорта, б) изучение с научной точки зрения иных вопросов, если в том встретится надобность, в) наряду с этим, подготовка научных работников для вузов и транспорта из числа окончивших Московский институт инженеров транспорта и Ленинградский институт инженеров путей сообщения, а также из лиц с производства, выявивших способности к научной деятельности и принимающих активное участие в развитии науки и техники на транспорте» [4, С. 116]. Открытие аспирантуры при НИИ МИИТ приблизило научную деятельность к практической работе по железнодорожной тематике [2, С. 107].

В 1926 году в структуре НИИ МИИТ было образовано пять секций: 1) материалов и конструкций, 2) гидротехническая, 3) пути и дорож-

ного строительства, с пятью подсекциями, 4) тяговая, 5) эксплуатационно-экономическая, с пятью подсекциями. В НИИ В. Н. Образцов работал в Эксплуатационно-экономической секции и занимался разработкой научной темы «Московский узел» [4, С. 124]. В дальнейшем Владимир Николаевич принимал непосредственное участие в проектировочных работах по реконструкции Московского узла. В основу проекта была положена его идея об объединенных сортировочных станциях. Профессор В. Н. Образцов предложил соединить кольцо Окружной железной дороги по диаметру путем глубокого ввода соединительной ветки под землей через весь город [8, С. 21]. Таким образом, был решен вопрос об обслуживании железнодорожных узлов г. Москвы.

В 1920-е годы вышел и ряд научных работ Образцова, посвященных проблеме развития Московского транспортного узла. Среди них: «О глубоком вводе товарных поездов в г. Москву» (Бюллетень НКПС, 1920 г.); «Переустройство Московского узла Московско-Казанской железной дороги» (Железнодорожное дело, 1925 г., № 12), в 1926 году – «Московский узел и основные идеи его переустройства» (Труды 22-го Совещательного съезда представителей служб эксплуатации железных дорог СССР, 1926 г.) и др. [9, С. 10].

По данным за 1929 год, в МИИТ В. Н. Образцов преподавал следующие дисциплины: «Дороги местного значения» (специальный предмет, Строительный факультет) [4, С. 50]; «Большие станции и узлы» (специальный предмет, Эксплуатационный факультет); «Дороги местного значения. Общий курс» (специальный предмет, Эксплуатационный факультет) [4, С. 50]. Он активно занимался с молодыми исследователями, развивал студенческую науку. В институтской газете «Дзержинец» за 1928 году встречается заметка в рубрике «По институту» о руководстве Владимиром Николаевичем техническим студенческим кружком на Эксплуатационном факультете. В газете сообщалось, что деканат «постановил организовать два кружка: железнодорожный и беззеленый. В инициативное бюро беззеленого кружка от преподавателей были определены: Образцов В. Н. и Крынин Д. П.» [10].

Отдельной страницей истории МИИТ является издание научных трудов института. «Труды», «Известия» издавались еще с дореволюционного времени. На их страницах публиковались результаты исследований профессорско-преподавательского состава. Впервые сборник научных трудов вуза вышел в сентябре 1907 года под названием «Известия Императорского Московского инженерного училища». Научное издание выходило по решению Совета Училища

и состояло из двух отделов: 1) официальный и 2) неофициальный. Начиная с первого выпуска, в «Известиях» публиковал свои труды и В. Н. Образцов. Одна из первых его работ в «Известиях» была посвящена вопросам экономики транспорта [11].

Научный сборник выходил до 1916 года, затем настал десятилетний перерыв. Выход издания был возобновлен в марте 1926 года под названием «Труды Московского института инженеров транспорта» [11]. В предисловии к первому выпуску «Трудов» редакция определила цель научного издания: «При наличии достаточного количества популярной литературы, чувствуется отсутствие такого печатного органа, в котором могли бы публиковать результаты своих трудов представители наук, работающие над транспортными проблемами. Сознавая этот пробел, МИИТ надеется хотя бы частично его восполнить путем выпуска периодических сборников, под названием «Труды МИИТ», на страницах которых работники Института получат возможность публикации ведущихся ими работ» [4, С. 129]. В «Трудах» МИИТ регулярно публиковались работы профессора В. Н. Образцова: «Тоннельные путепроводы при проектировании узлов и станций» [4, С. 129], «Техника проектирования узлов» [12], «Типовая станция V-III классов с постепенным развитием» [13], «Железная дорога в городе» [14] и др.

Индустриализация и быстрое развитие промышленности в стране в конце 1920-х – 1930-е гг. поставили на повестку дня проблему промышленного транспорта и его проектирования в увязке с технологическим процессом предприятий. Особенно глубоко рассматривались вопросы выбора наиболее рационального вида транспорта «для экономии государственных средств» [5]. В этот период В. Н. Образцов вел активную практическую работу, консультировал ряд крупных проектов промышленного транспорта: Магнитогорский комбинат, Днепрострой, Кузнецкий комбинат, Балхашский, Джезказганский комбинаты и др. Много сделал В. Н. Образцов для развития транспорта, планировки города и проектирования метрополитена в Москве. Он занимался вопросами реконструкции Южного берега Крыма и переустройства транспорта курортов Кавказских Минеральных Вод [5]. Научные знания и практический опыт В. Н. Образцова высоко ценили в НКПС. Так, Л. М. Каганович не раз приглашал его для проведения научной экспертизы. При обсуждении в ЦК ВКП(б) работы железнодорожного транспорта В. Н. Образцова пригласили на совещание, где был поставлен вопрос «о необходимости объединить все научно-исследовательские институты транспорта, для того чтобы обеспечить





комплексность разрешения научных проблем, превратив институты в подлинный центр передовой научной мысли железнодорожников» [8, С. 23].

МИИТ в 1930-е годы являлся крупнейшим транспортным вузом, научно-технической опорой НКПС и всей транспортной отрасли страны. Институтская газета «Сталинец» писала о большом научном потенциале института и о его возможностях для помощи транспорту. Так, в материалах газеты за 1934 год отмечалось, что в МИИТ работает более 600 профессоров и преподавателей, среди них «такие крупные силы, как проф. Митюшин (путь), проф. Земблинов и проф. Образцов (эксплуатация), проф. Оппенгейм, проф. Гибшман и др. С такими большими силами и с коллективом студентов в 4000 чел. МИИТ может и должен оказать большую мощь транспорту... На путь конкретной помощи транспорту уже стали ряд профессоров в МИИТ. Так, например, кафедра проф. Образцова работает над проблемой реконструкции Тульского узла» [16].

В начале 1930-х годов ряд крупнейших задач по реконструкции транспорта решал Научно-исследовательский сектор (НИС) МИИТ, который стал научным центром института. Его возглавлял профессор В. Н. Образцов. О высоких достижениях ученых, работающих в секторе, говорилось в заметке «Из рапорта НИСа» в газете «Сталинец» за 1932 год [17]. В частности, о работе кафедры, также руководимой В. Н. Образцовым, отмечалось: «...Кафедра «Станции и узлы» при активном участии виднейших профессоров и доцентов нашего института Образцова, Гибшмана, Никитина, разрабатывает чрезвычайно актуальную для железнодорожного транспорта научно-исследовательскую задачу – размещение товарных станций в Московском железнодорожном узле с точки зрения его реконструкции...» [17]. Отдельно освещалась и работа аспирантов кафедры. Так, например, об ученике В. Н. Образцова писали следующее: «аспирантом С. П. Бузановым закончена и сдана НИСом в печать научно-исследовательская работа по истории станций и узлов на сети СССР. Эта работа впервые в истории развития дисциплины «Станции и узлы», дает социально-классовый анализ развития станций. Ряд схем станций из указанной работы нашел применение на строительстве величайшей сверхмагистрали Москва – Донбасс» [17].

В 1932–1933 гг. под научным руководством профессора В. Н. Образцова и его ученика профессора С. В. Земблинова работали две научно-исследовательские бригады, созданные из числа студентов, аспирантов и преподавателей

вузов. Бригады занимались разработкой научных проектов переустройства крупнейших станций и узлов железных дорог Советского Союза (Московского и Ленинградского узлов, узлов Донбасса и Кузбасса, в Ярославле, Кирове, Купянске и ряда других) [9, С. 10–11]. О боевом штурме «по переустройству ж.-д. узлов важнейшей сверхударной магистрали Москва – Донбасс» и о бригаде под руководством профессора С. В. Земблинова, которая составила проекты «по переустройству и рационализации следующих узлов: Лозовая, Славянск, Попасная, Родиново, Купянск, Южных ж.-д., Лиски – Юго-Восточных, Елец – Узловая, Кашира, Ожерелье, Луганск по линии новостройки Москва – Донбасс» читаем на страницах газеты «Сталинец» [18]. Все проекты были проработаны на местных технических совещаниях и согласованы в дирекциях железных дорог.

В мае 1933 года МИИТ и Центральным управлением технической пропаганды (Цутехпропом) НКПС была организована бригада под руководством проф. В. Н. Образцова в составе 11 аспирантов НИС МИИТ, группы станционных дипломников IV курса и нескольких профессоров и доцентов. О задачах, поставленных перед бригадой, читаем в материалах газеты «Сталинец»: «первая – изучение работы важнейших узлов Южной и Екатерининской железных дорог, работы внутриводского транспорта, крупнейших гигантов (ХТЗ, Макеевский металлургический завод, ДнепроГЭС с комбинатом, шахты, днепропетровские металлургические заводы); вторая – проведение техпропработы в узлах, чтение лекций для ИТР силами профессоров, проведение докладов и бесед среди массы железнодорожников силами аспирантов и дипломников, ознакомление с состоянием техпропработы в узле и проведение методических конференций» [19].

Срок работы бригады составил 18 дней. О результатах читаем в заметке: «В результате четкого руководства, особенно со стороны руководителя проф. Образцова, и правильной расстановки сил, бригада провела 11 лекций силами профессоров, 20 докладов и бесед силами аспирантов и 9 силами дипломников. Всего, таким образом, проведено 40 лекций и докладов по вопросам: реконструкция больших узлов; механизация сортировочных горок; типовой механизированный пакгауз; анализ эксплуатационных измерителей; маршрутизация и специализация поездов; путевое обустройство; автоблокировка; автосцепка и т.д.» [19]. Опыт бригады В. Н. Образцова показал, насколько важна для будущих инженеров и научных работников организация подобных поездок, в рамках которых значительно расширяется технический

кругозор аспирантов и дипломников. Сочетание подобных научно-производственных экскурсий с проведением техпропработы на узлах было тесно увязано с задачами производства. Широкую помощь кафедра «Станции и узлы» МИИТ оказывала транспорту и в последующие годы. Так, в заметке «Наша помощь реальна» за 1934 год В. Н. Образцов указывал, что берет на себя «разработку докладной записки по вопросу о переносе Окружной дороги... По просьбе Окружной дороги составлен проект докладной записки по этому вопросу» [20].

Профессор В. Н. Образцов был признан лучшим ударником института, и в 1933 году кафедра «Станции и узлы» под его руководством оказывала научно-техническую помощь Курской железной дороге путем экспертизы проекта развития Тульского железнодорожного узла. Об этом в институтской газете «Сталинец» была помещена соответствующая заметка. Заведующий кафедрой профессор В. Н. Образцов, изучив проект, предложил кафедре в полном составе и студентам выехать в Тулу для ознакомления с местностью, городом и состоянием промышленности. В результате анализа имеющихся материалов кафедра признала проект, составленный Курской железной дорогой, несостоятельным. Он не учитывал развитие города и его планировку, не предусматривал удобств для обслуживания развивающейся промышленности, не брал во внимание развитие станции Тула II и т.д. Как писал автор заметки: «Кафедра, разрешая проблему Тульского узла, учла все эти недочеты. Предложенная кафедрой в лице проф. Образцова схема развития Тульского узла была рассмотрена НТС эксплуатационного управления НКПС и не встретила возражений, а предложение кафедры превратить ст. Тула I только в пассажирскую станцию, а ст. Тула II – в товарно-распорядительную, было принято НТС» [21].

В заметке «Краснознаменная кафедра «Станция и узлы»» освещалось участие кафедр МИИТ в социалистическом соревновании на транспорте. Автором заметки выступили руководитель кафедры профессор Образцов, парторг Бузанов и профорг Никитин. Среди достижений были отмечены следующие работы кафедры: «...Заключение кафедры по Тульскому узлу уже принято НТС эксплуатационного управления НКПС. 4 аспиранта работали в плановом отделе НКПС, по составлению плана 2-го года 2-й пятилетки» [22]. Из научной работы, проведенной кафедрой, лично при участии В. Н. Образцова указывалось следующее: «...Сдана в печать работа В. Н. Образцова: «Железнодорожные узлы в городской планировке». Профессор Образцов прочитал три лекции по энциклопедии транспорта для аспирантов, участвовал в экс-



пертизе Метростроя и принял активное участие в организации построечного транспорта Метростроя» [22]. Из общественной работы указывалось следующее: «Проф. Образцов и доцент Бузанов взяли шефство над комсомольскими бригадами, которым оказывают большую помощь в их учебе и работе и др.» [22].

В январе 1934 года состоялось производственное совещание 6-й группы IV курса Эксплуатационного факультета с участием начальника института, посвященное подведению итогов работы комсомольской бригады имени 15-летия ВЛКСМ по реальному проектированию станции Москва-Товарная. На совещании была дана высокая оценка проделанной студентами работе, в частности, указывалось, что «удалось добиться увеличения пропускной способности поездов в сутки до 350 пар» [23]. В данном совещании принимал участие и профессор В. Н. Образцов, который отметил, «что бригада комсомольцев, работающая над проектом, еще глубже и серьезнее будет разбираться в теоретических вопросах» [23].

Профессор В. Н. Образцов стоял у основ разработки всех крупных научных тем, которыми занималась кафедра «Станции и узлы». В 1933 году был издан его капитальный труд «Железнодорожные станции», который стал научной основой для целой серии учебников по дисциплине «Станции и узлы»: часть I – 1935 год (авторы – В. Н. Образцов, В. Д. Никитин, С. П. Бузанов), часть 2–1938 год (авторы – В. Н. Образцов, В. Д. Никитин, М. В. Сеньковский, Н. Р. Ющенко) и часть 3–1949 год (авторы – В. Н. Образцов, В. Д. Никитин, Ф. И. Шаульский, С. П. Бузанов) [24, с. 107].

Оценка научной деятельности заведующего кафедрой «Станции и узлы» профессора





126



В. Н. Образцова была дана в фотозаметке «Под руководством партии – в ногу с рабочим классом» [25] в институтской газете: «...имеет свыше 50 научных трудов, руководит подготовкой аспирантуры и разрабатывает крупные проблемные вопросы железнодорожного транспорта. Несколько раз премирован за исключительную энергичную ударную работу. Общественные организации и дирекция института возбудили ходатайство перед ЦК ж.-д. НКПС и СНК РСФСР о присвоении В. Н. Образцову звания Заслуженного работника науки. Помимо этого, в работу по тех. пропаганде были вовлечены работники под руководством проф. Образцова и Земблинова, в результате чего, по преумноженным подсчетам, транспорт имел экономию в 4,5 млн рублей» [25].

В другой заметке «Научные кадры МИИТ» в газете «Сталинец» рассказывалось о подготовке высококвалифицированных кадров в системе послевузовского профессионального образования вуза, об успешной научной работе В. Н. Образцова с аспирантами. Отмечалось, что в 1938–1939 годах под научным руководством В. Н. Образцова защищили диссертации и получили ученую степень доктора технических наук Бузанов, Земблинов, Никитин, кандидатами технических наук стали Шаульский и Кязумов [26]. Отмечая достижения МИИТ в деле подготовки квалифицированных кадров для транспортной отрасли страны, Центральный отдел по подготовке кадров НКПС в своем распоряжении

от 25 января 1934 года отметил ударную работу лучшей части профессорско-преподавательского состава вуза. Среди получивших денежную премию в размере 1000 рублей был и профессор В. Н. Образцов [27].

В разнообразных материалах институтской газеты «Сталинец» активно освещалась преподавательская деятельность В. Н. Образцова. Так, в 1932 году он вошел в список лучших преподавателей МИИТ. Об этом повествует заметка «Лучшие из лучших», так характеризующая ученого: «Заведующий кафедрой «Станции и узлы». Крупный научный работник железнодорожного транспорта. Имеет около 50 научных трудов в области проектирования ж.-д. узлов. Ударно выполняет работу по заданию зам. наркома пути т. Благонравова по проектированию станций магистрали Москва – Донбасс и ряда других крупных узлов. Является активным членом секции Моссовета. Премируется Большой советской энциклопедией» [28].

Большое распространение в 1934 году в МИИТ получило шефство профессоров над студентами, в котором самое активное участие принял и профессор В. Н. Образцов. В заметке «Конкретное шефство» освещается его работа с пятью подшефными комсомольцами 6-й группы Эксплуатационного факультета. О том, насколько активно шла эта работа, указывает автор заметки, цитируя и самого профессора В. Н. Образцова, который повторял студентам: «Вы должны выжать из меня все, что я знаю, так чтобы ничего не осталось, а я должен помочь вам в этом» [29]. Профессор В. Н. Образцов ответственно подошел к своему шефству, «2 раза был в общежитии, один раз знакомился с бытом, в другой раз проводил техническую беседу» со студентами [29]. Он «взял на себя обязательство познакомить комсомольцев с заграничной техникой и культурой тех стран, в которых он был, и всемерно содействовать расширению кругозора подшефных комсомольцев. На каждый выходной день намечены экскурсии, просмотры постановок, кинокартин совместно с проф. Образцовым» [29].

Активно освещала институтская газета «Сталинец» и общественную деятельность В. Н. Образцова. В 1934 г. он был избран членом ВЦИК РСФСР, в 1935 году – депутатом Московского совета, в 1937 году – депутатом Верховного Совета СССР 1-го – 2-го созывов (избирался от Ртищевского избирательного округа Саратовской области). Так, в заметке «Профессор Образцов – кандидат в совет по Ртищевскому избирательному округу» [30] писали: «Заведующий кафедрой «Станции и узлы», орденоносец, профессор Владимир Николаевич Образцов – один из старейших работников на-

шего института. 36 лет работы в нашем институте – это громадный путь замечательного ученого, посвятившего большую половину жизни воспитанию молодых специалистов» [30].

Об этом периоде своей жизни сам В. Н. Образцов вспоминал: «Вскоре я поехал в свой Ртищевский избирательный округ Саратовской области. Я побывал на железнодорожных станциях (ведь прежде всего я – железнодорожник), в совхозах и колхозах, в городах и поселках, в школах, магазинах, больницах, домах культуры, детских домах. Я знакомился с жизнью моих избирателей, их нуждами и стремлениями, их жизненными интересами. Вот перебираю я свои записи и заметки, касающиеся моей депутатской деятельности, просматриваю свою почту, составляющую за этот год около 2000 писем, и вспоминаю эти прошедшие месяцы. О чём только не писали мне избиратели! Нет, кажется, ни одного вопроса в личной, общественной и государственной сфере, который не интересовал бы их. Всеми своими мыслями и переживаниями, достижениями и неудачами делятся они с депутатом, которого считают, судя по огромному доверию, родным и близким человеком...» [8, С. 27–28].

В 1935 году В. Н. Образцов возглавил вновь созданный Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта. Вклад ученого в развитие транспортной отрасли страны был высоко отмечен, в этом же году В. Н. Образцов был награжден орденом Ленина. С 1939 года Владимир Николаевич Образцов – действительный член Академии наук СССР, организатор и бессменный руководитель секции по научной разработке проблем транспорта [31]. В основу деятельности руководимой им секции академик Образцов положил проблемы научного комплекса в развитии сети и работы всех видов транспорта. В последующие годы ученый уточнял разработанные им принципы в применении к отдельным экономическим районам Советского Союза [9, С. 11].

Плодотворно продолжалась деятельность В. Н. Образцова и на эксплуатационном факультете МИИТ, который готовил инженеров по организации грузовой работы, механизации погрузочно-выгрузочных операций, по организации пассажирских перевозок и по проектированию станций и узлов. Все эти отрасли имели большое значение в работе железных дорог. Для максимального эффекта использования техники транспорта, для осуществления бесперебойного движения, для строительства новых железных дорог и реконструкции старых транспорту были нужны квалифицированные кадры специалистов. За период с 1917 по 1940 год МИИТ

выпустил 9397 человек. В институте работало 36 профессоров, 127 доцентов, 105 ассистентов и преподавателей. В числе профессоров института – депутат Верховного Совета СССР, академик-орденоносец В. Н. Образцов, орденоносцы-профессора Б. Н. Веденисов, Г. М. Шахунянц, В. Л. Николаи, А. Н. Бабичков, профессора, доктора технических наук – Г. К. Евграфов, И. Р. Прокофьев, В. Д. Зернов, Н. Т. Митюшин и др. [32].

В начале Великой Отечественной войны, в октябре 1941 года, В. Н. Образцов уезжает на Урал, в эвакуацию. Здесь он работает в транспортной комиссии Академии наук СССР, занимавшейся изучением изменений размеров грузооборота, установлением необходимой пропускной и провозной способности, увязкой железнодорожного транспорта с межзаводским и внутризаводским [33]. О деятельности В. Н. Образцова в этот период газета «Гудок» за 1942 год сообщала следующее: «Академик большую часть времени провел на производстве, обследуя технологический процесс, давая консультацию по проектам развития узлов, проверяя направления грузопотоков и предлагая меры к усилению провозной способности... Недавно группа крупнейших советских ученых во главе с президентом Академии наук СССР Комаровым закончила выдающийся труд – «О развитии народного хозяйства Урала в условиях войны», в котором теоретические проблемы немедленно получали практическое разрешение. В результате ... осуществления намеченных учеными мер Урал увеличивает питание фронта, увеличивает производство и перевозки оружия, боеприпасов, сырья и топлива для оборонных заводов. Труд ученых укрепляет военную мощь страны...» [33]. За эту работу девятнадцать деятелей науки, в том числе и академик В. Н. Образцов, в 1942 году получили Сталинскую премию I степени.

В годы Великой Отечественной войны эвакуирован был и МИИТ. Научная деятельность его кафедр претерпела изменения. На некоторых кафедрах были организованы группы по проектированию восстановления разрушенных мостов, зданий, железнодорожного пути на территории, захваченной противником. Научной разработкой этих проблем занимались академик В. Н. Образцов и профессор Б. Н. Веденисов [2, С. 160]. За многолетние выдающиеся работы в области науки и техники академику В. Н. Образцову 22 марта 1943 года была присуждена Сталинская премия II степени [3]. Полученные премии В. Н. Образцов внес в фонд обороны страны. В 1943 году В. Н. Образцову было присвоено звание генерал-директора движения



I ранга [9, С. 12]. В 1946 году он был избран депутатом Верховного Совета СССР.

В послевоенный период в МИИТ академик В. Н. Образцов разрабатывал теорию пропускной и провозной способности транспорта. В рамках пятилетнего плана восстановления и развития народного хозяйства 1946–1950 годы перед учёными МИИТ стояла задача добиться безусловного выполнения этого плана и немедленного внедрения законченных работ в производство [34].

В июне 1949 года академик В. Н. Образцов отметил свой юбилей. В газете «Сталинец» была опубликована фотозаметка «В. Н. Образцов. К 75-летию со дня рождения». В ней подчёркивался большой профессиональный путь ученого, за 50 лет научной деятельности он написал около 300 научных работ [35]. Указом Президиума Верховного Совета СССР от 30 июля 1949 года профессора МИИТ академик В. Н. Образцов и член-корреспондент Академии наук СССР Б. Н. Веденисов были награждены орденами Ленина [36].

В. Н. Образцов скончался 28 ноября 1949 года после тяжелой и продолжительной болезни. Весть о его кончине в МИИТ встретили с большим прискорбием. В № 30 газеты «Сталинец» за 1949 год были опубликованы некрологи от Министерства путей сообщения, парткома и дирекции МИИТ, а также воспоминания учеников и коллег ученого. Профессор В. Д. Никитин вспоминал о своей совместной работе с В. Н. Образцовым: «Впервые мне пришлось слушать лекции В. Н. Образцова еще в 1922 году, потом в 1924 и 1925 годах. Уже тогда он поражал широтой своих взглядов, огромной эрудицией и, главное, неудержанной кипучей энергией, страстью в решении крупных транспортных вопросов. Позже, на протяжении двадцати с лишним лет совместной работы на кафедре «Станции и узлы», меня не переставали восхищать его настойчивость и страсть, глубокий патриотизм и огромная энергия во всех видах его многообразной деятельности. Последние работы Владимира Николаевича в области комплексной теории разных видов транспорта подымают большой период его плодотворной научной деятельности и являются синтезом многих частных проблем, которые он разрешил на своем жизненном пути» [37].

Профессор Г. П. Гриневич писал: «Впервые я встретился с Владимиром Николаевичем в 1928 году, будучи студентом МИИТ. Первое же знакомство с Владимиром Николаевичем, который уже в то время был одним из крупнейших ученых транспорта, поразило меня той теплотой, той заботливостью, которые были

свойственны ему в его взаимоотношениях со студентами. Владимир Николаевич пристально следил за формированием каждого студента, замечал в каждом из них индивидуальное, особенное, умело развивая в студентах любовь к знаниям, исследованиям, заботливо направляя творческую мысль студенчества на решение важнейших задач, стоящих перед социалистическим транспортом» [38]. Доктор технических наук Ф. И. Шаульский вспоминал о своей двадцатилетней работе совместно с В. Н. Образцовым: «Это был выдающийся и разносторонний ученый – глубокий знаток всех видов транспорта. В. Н. Образцов был талантливейшим инженером-проектировщиком. Несмотря на свои колоссальные знания, он всегда учился: на станциях вел беседы и со стрелочниками и составителями, на заводах – с рабочими и мастерами, черпая у них передовой опыт. Эти беседы были настолько задушевными, что образ Владимира Николаевича на всегда сохранялся в памяти» [39]. Исключительная работоспособность, энтузиазм, честность, отзывчивость, принципиальность всегда были отличительными чертами профессора В. Н. Образцова. Обладая громаднейшей эрудицией в такой сложной и многогранной области, как транспорт страны, энциклопедическими познаниями и богатейшим практическим опытом, В. Н. Образцов умело передавал эти знания своим ученикам, товарищам по работе и студентам [5].

В 1949 году для увековечения памяти об академике В. Н. Образцове его именем был назван Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта (ныне Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I). В честь талантливого ученого, в декабре 1949 года решением Исполнительного комитета Московского городского Совета депутатов трудящихся улица Бахметьевская была переименована в улицу Образцова. В честь В. Н. Образцова были названы улицы в других городах страны, в том числе в Челябинске, Ртищево, Иркутске и др. К 100-летию со дня рождения В. Н. Образцова Моссовет принял решение об установлении мемориальной доски на доме, где жил Владимир Николаевич.

Правительство высоко оценило вклад В. Н. Образцова в транспортную науку, присвоив ему дважды звание лауреата Государственной премии, за выдающиеся заслуги он был награжден тремя орденами Ленина, орденом Отечественной войны I степени, двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденом Красной Звезды и медалями [31]. Почти 50 лет своей жизни В. Н. Образцов отдал

МИИТ. Память об ученом, о первом академике транспорта бережно хранится в стенах университета и в настоящее время. Академик Владимир Николаевич Образцов навсегда останется в памяти как прекрасный учитель и воспитатель отечественных инженерных кадров, основоположник науки о проектировании железнодорожных станций и узлов.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Московский ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени институт инженеров железнодорожного транспорта имени И. В. Сталина за 40 лет Советской власти: Сб. статей. Ред. Д. Л. Юдин. – М., 1957. – 136 с.
2. МИИТ на рубеже веков / Под общ. ред. Б. А. Лёвина. – М.: МИИТ, 2002. – 641 с. ISBN 5-7876-0015-0.
3. Бузанов С. Крупнейший ученый транспорта // Гудок. – 1943. – № 36. – 24 марта.
4. Московский институт инженеров транспорта имени Ф. Э. Дзержинского к одиннадцатилетию Октября (отчетные материалы). – М.: Светоч, 1929. – 203 с.
5. Ратнер. Р. Выдающийся ученый (К 100-летию со дня рождения В. Н. Образцова) // Инженер транспорта. – 1974. – № 21. – 20 июня.
6. Образцов В. Н. Опыт реорганизации учебной постановки в Московском институте инженеров путей сообщения: Опыт нового метода преподавания в Московской академии (Материалы по реформе высшего образования / Гос. учен. сов. Науч.-техн. Секция). – Вып. 1. – М.: Гос. изд-во, 1924. – 31 с.
7. Духно Н. А. Вклад Владимира Николаевича Образцова в развитие технического образования в России // Транспортное право и безопасность. – 2022. – № 2. – С. 249–262. [Электронный ресурс]: [http://trans-safety.ru/tfp/articles/2022/pdf/42/24\\_dukhno.pdf](http://trans-safety.ru/tfp/articles/2022/pdf/42/24_dukhno.pdf). Доступ 18.02.2024.
8. Люди социалистического транспорта. В. Н. Образцов. – М.: Трансжелдориздат, 1939. – 30 с.
9. Образцов В. Н. Избранные труды. В 3 т. Библиогр. очерк Ф. И. Шаульского; Акад. наук СССР. – Т. 1. – М.: Изд-во Акад. Наук СССР, 1955. – 446 с.
10. По институту // Дзержинец. – 1928. – № 2–3. – 8 декабря.
11. Образцов В. Н. Доходность железной дороги и ее графическое изображение в зависимости от тарифных ставок // Известия Императорского Московского инженерного училища. Ч. 2: Научные труды. – 1907. – Вып. I. – С. 103–118.
12. Образцов В. Н. Тоннельные путепроводы при проектировании узлов и станций // Труды МИИТ. – 1926. – Вып. II. – С. 143–157.
13. Образцов В. Н. Техника проектирования узлов // Труды МИИТ. – 1927. – Вып. V. – С. 7–36.
14. Образцов В. Н. Типовая станция V–III классов с постепенным развитием // Труды МИИТ. – 1927. – Вып. V. – С. 63–92.
15. Образцов В. Н. Железная дорога в городе // Труды МИИТ. – 1932. – Вып. XXX. – 47 с.
16. Галкин. МИИТ включился в разработку контрольных цифр ж.-д. транспорта на 1934 год // Сталинец. – 1933. – № 16. – 4 декабря.
17. Из рапорта НИСа // Сталинец. – 1932. – № 20. – ноябрь, 1 декабря.
18. Бузанов. Боевой штурм по переустройству ж.-д. узлов важнейшей сверхударной магистрали Москва – Донбасс // Сталинец. – 1932. – № 8. – 22 апреля.
19. Кудзоев, Фейгим. Учесть опыт поездки бригады проф. В. Н. Образцова // Сталинец. – 1933. – № 15. – июнь, 1 декабря.
20. Образцов В. Н. Наша помощь реальна // Сталинец. – 1934. – № 26. – 29 июня.
21. Бузанов. Проект развития Тульского узла разрабатывается в институте // Сталинец. – 1933. – № 10. – 29 октября.
22. Бузанов, Никитин, Образцов. Краснознаменная кафедра «Станция и узлы» // Сталинец. – 1933. – № 20. – 30 декабря.
23. Луцковская. В подарок XVII партсъезду // Сталинец. – 1934. – № 3. – 22 января.
24. Медведев С. В., Танцевова А. В., Федякин А. В. В авангарде транспортного образования и отраслевой науки России: к 125-летию Российского университета транспорта // Мир транспорта. – 2021. – № 3. – С. 104–113. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2020-19-3-11>.
25. Под руководством партии – в ногу с боями // Сталинец. – 1932. – № 20. – ноябрь, 1 декабря.
26. Дарков, Шаульский. Научные кадры МИИТ // Сталинец. – 1939. – № 44. – 19 мая.
27. Распоряжение по центральному отделу подготовки кадров НКПС от 25 января 1934 г. // Сталинец. – 1934. – № 24. – 7 февраля.
28. Лучшие из лучших // Сталинец. – 1932. – № 9. – 30 апреля.
29. Конкретное шефство // Сталинец. – 1934. – № 5. – 15 февраля.
30. Профессор Образцов – кандидат в совет по Ртищевскому избирательному округу // Сталинец. – 1937. – № 8–15 октября.
31. Владимир Николаевич Образцов // Сталинец. – 1949. – № 30. – 30 ноября.
32. Великая честь работать на железнодорожном транспорте // Сталинец. – 1940. – № 29. – 4 июля.
33. Розинов И. Советский ученый // Гудок. – 1942. – № 44. – 12 апреля.
34. Парфенов Д. Московскому институту инженеров транспорта 50 лет // Сталинец. – 1946. – Юбилейный номер. – 28 декабря.
35. В. Н. Образцов. К 75-летию со дня рождения // Сталинец. – 1949. – № 14. – 20 июня.
36. Быть на высоте новых задач // Сталинец. – 1949. – № 16. – 1 сентября.
37. Никитин В. Д. Большая утрата // Сталинец. – 1949. – № 30. – 30 ноября.
38. Гриневич Г. П. Пример беззаветного служения Родине // Сталинец. – 1949. – № 30. – 30 ноября.
39. Шаульский Ф. И. Памяти замечательного ученого // Сталинец. – 1949. – № 30. – 30 ноября.

### Информация об авторах:

**Горбунов Александр Александрович** – доктор политических наук, профессор, директор Академии базовой подготовки Российской университета транспорта, Москва, Россия, 171950@rambler.ru.

**Федякин Алексей Владимирович** – доктор политических наук, профессор, заведующий кафедрой истории Российского университета транспорта, Москва, Россия, avf2010@yandex.ru.

**Танцевова Анастасия Владимировна** – кандидат исторических наук, доцент кафедры истории Российского университета транспорта, Москва, Россия, tantsevova@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 27.02.2024, одобрена после рецензирования 25.03.2024, принята к публикации 27.03.2024.





# Товарная структура рынка железнодорожных перевозок: история полуторавековой трансформации



Дмитрий МАЧЕРЕТ



Антон МАЧЕРЕТ

Дмитрий Александрович Мачерет<sup>1, 2</sup>,  
Антон Дмитриевич Мачерет<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Объединенный ученый совет ОАО «РЖД». Москва, Россия.

<sup>2</sup> Российский университет транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

<sup>3</sup> Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия.

<sup>1</sup> ORCID 0000-0002-1322-3030; РИНЦ Author ID: 380766.

<sup>2</sup> РИНЦ Author ID: 1182418.

✉ <sup>1</sup> [macheretda@rambler.ru](mailto:macheretda@rambler.ru).

## АНОНТАЦИЯ

Целью описанного в статье исследования является долгосрочная (с последней четверти XIX века до настоящего времени) оценка, с использованием методов статистического и исторического анализа, товарной структуры перевозок на сети отечественных железных дорог, выявление основных тенденций ее трансформации и формирование на этой основе выводов о перспективах развития железнодорожных грузовых перевозок.

Проведенный анализ позволил выявить специфику товарной структуры железнодорожных перевозок в Российской империи, СССР и Российской Федерации и ее изменения в соответствующие исторические периоды. Также выявлены общие тенденции изменения товарной структуры железнодорожных перевозок за рассматриваемый полуторавековой период в целом.

Отмечено, что приспособление железнодорожного транспорта к трансформации товарной структуры перевозок свидетельствует о высокой адаптируемости капитальных благ отрасли, а значит – о перспективности инвестиций в развитие железных дорог.

Предложен методологический подход к типологизации товарной структуры рынка железнодорожных перевозок, на основе которого проанализированы ее качественные изменения на протяжении рассматриваемого периода. Установлено, что в конце XIX – начале XX века товарная структура железнодорожных перевозок была диверсифицированной, затем чередовались смешанная и концентрированная структура, а в начале XX века преобладает концентрированная структура. Такая структура делает транспортные компании зависимыми от конъюнктуры небольшого количества отраслей и уязвимыми в случае ее ухудшения, поэтому сделан вывод о целесообразности диверсификации товарной структуры железнодорожных перевозок на основе реализации как маркетинговых, так и технико-технологических инноваций. Ключевое значение для этого имеет клиентоориентированное совершенствование технологии грузовых перевозок и вывод на рынок новых транспортных продуктов, привлекательных для грузовладельцев и эффективных для транспортных компаний.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, товарная структура рынка железнодорожных перевозок, конъюнктура, тенденции, экономическая трансформация, адаптируемость капитальных благ, диверсификация, транспортные продукты, история транспорта.

**Для цитирования:** Мачерет Д. А., Мачерет А. Д. Товарная структура рынка железнодорожных перевозок: история полуторавековой трансформации // Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 130–140. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-16>.

Полный текст статьи в переводе на английский язык публикуется во второй части данного выпуска.  
English translation of the full text of the article is published in the second part of the issue.

## ВВЕДЕНИЕ

Железные дороги, выполняющие в нашей стране свыше 90 % коммерческого грузооборота (без учета специализированного трубопроводного транспорта) [1], играют ключевую роль на российском рынке грузовых перевозок, а значит – в обеспечении транспортных потребностей отечественных товаропроизводителей и покупателей продукции. Велико значение железных дорог для российской экономической истории последних двух столетий, когда экономика страны развивалась в неразрывном единстве с развитием железнодорожного транспорта [2, С. 163]. Обоснованным представляется мнение известного исследователя экономической истории России второй половины XIX – начала XX века М. А. Давыдова: «... Железнодорожные перевозки – весьма важный и ясный показатель уровня развития народного хозяйства в каждый данный момент времени, по которому можно судить о динамике развития промышленности и торговли, ... о развитии рынка .... Кроме прочего, железнодорожная статистика позволяет улавливать такие изменения конъюнктуры производства и рынка, которые нередко не прослеживаются по другим массовым источникам» [3, С. 753]. Эта оценка подтверждается и в ряде исследований, выполненных на материале второй половины XX – начала XXI века [4–6].

Важной характеристикой макроэкономического развития и рыночной конъюнктуры является не только динамика, но и структура железнодорожных перевозок. Она может рассматриваться в различных аспектах, например, географическом (по транспортным коридорам, направлениям перевозок) [7] или сезонном – по кварталам и месяцам года [8]. Ключевое значение имеет товарная структура железнодорожных перевозок – то есть структура по родам перевозимых товаров (грузов), которая является основой сегментации рынка грузовых железнодорожных перевозок [9, С. 77]. Следует напомнить, что в отечественной железнодорожной науке и практике изначально широко использовались понятия «перевозки товаров», «товарное движение», «товарный поезд» (а также вагон, станция и др.) [10–12]. В период централизованно планируемой экономики слово «товар» в соответствующих терминах уступило место слову «груз» («перевозки грузов», «грузовой поезд», «грузовая станция» и т. д.). Однако

даже тогда в сфере взаимоотношений железнодорожной дороги с грузоотправителями (которая именовалась коммерческой работой) сохранялись понятия «товарная контора» и «товарный кассир».

Действительно, с экономической точки зрения транспорт перевозит именно товары, обладающие такими экономическими характеристиками, как себестоимость производства, рыночная цена, полезность для потребителя. От этих характеристик зависят спрос на перевозки, а также требования, предъявляемые товаропроизводителями к срокам и стоимости транспортировки своей продукции, с которыми должна быть гармонизирована технология перевозочного процесса.

Именно исходя из экономических, стоимостных, характеристик грузы на российских железнодорожных дорогах разделены на три тарифных класса, принадлежность к которым определяет уровень тарифа на перевозку [13; 14] и, соответственно, провозную плату, которую заплатит товаровладелец и которая войдет в доходы перевозчика. Поэтому, используя в настоящей работе современную устоявшуюся терминологию («грузы», «грузовые перевозки» и т. п.), мы будем иметь в виду, что перевозимые железнодорожным транспортом грузы являются товарами, произведенными для сбыта на рынке и обладающими соответствующими экономическими характеристиками, от правильного учета которых железнодорожными компаниями зависит их позиционирование на рынке грузовых перевозок, эффективность деятельности и долгосрочная конкурентоспособность.

Товарная структура рынка железнодорожных перевозок важна и интересна для научного анализа тем, что она:

- отражает структуру экономики и конъюнктуру товарных рынков;
- во многом определяет доходность деятельности перевозчика и технологию перевозок;
- свидетельствует о преимущественной специализации или диверсификации деятельности железнодорожного транспорта и, в некоторой степени, о его долгосрочных перспективах в условиях экономической трансформации.

В ряде работ отмечаются такие проблемы структуры железнодорожных грузовых перевозок, как доминирование угля («углецентричность»), снижающее удельную доход-





ность перевозок и не коррелирующее с глобальным трендом декарбонизации [15; 16], а также снижение коэффициента перевозимости некоторых грузов (и, соответственно, их доли в структуре перевозок), свидетельствующее об их оттоке на конкурирующие виды транспорта (прежде всего – автомобильный) [17].

Все сказанное свидетельствует об актуальности анализа эволюции товарной структуры рынка железнодорожных перевозок.

Целью данного исследования является проведение, с использованием методов статистического и исторического анализа, долгосрочного (с последней четверти XIX века до настоящего времени) анализа товарной структуры перевозок на сети отечественных железнодорожных дорог, выявление основных изменений и тенденций и формирование на этой основе некоторых выводов на будущее.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Товарная структура железнодорожных перевозок в Российской империи

Преддверие и начало строительства железнодорожных дорог в Российской империи сопровождалось весьма активным дискурсом [18], затрагивающим различные аспекты этой эпохальной инновации [19]. При этом в российском дискурсе 1830-х – 1860-х годов железные дороги в аспекте их хозяйственного значения рассматривались, прежде всего, как средство транспортировки сельскохозяйственной продукции, в первую очередь – хлебных грузов. Однако, начиная с 1870-х годов, парадигма начала меняться: правительство стало рассматривать железные дороги как инструмент ускорения индустриализации страны через промышленные заказы для нужд железнодорожного строительства [20].

И действительно, заказы для масштабного железнодорожного строительства и для нужд уже эксплуатировавшихся железных дорог, протяженность которых динамично росла, оказали в конце XIX века мощное стимулирующее воздействие на рост добычи угля и нефти, развитие нефтепереработки и черной металлургии, машиностроения и металлообработки и иных отраслей промышленности [21–23]. С другой стороны, железные дороги способствовали развитию промышленности благодаря высокой провозной способности, а также регулярности, точности, ускорению и удешевлению перевозок [24; 25]. С учетом

синергии этих двух каналов стимулирования промышленного развития со стороны железнодорожных дорог, с 1870 по 1900 год добыча каменного угля в России возросла в 23,5 раза, нефти – в 351 раз, железной руды – в 8 раз; выплавка чугуна увеличилась в 8,5 раз, производство железа и стали возросло в 9,3 раза [26]. Это коренным образом изменило товарную структуру железнодорожных перевозок (табл. 1). Если в 1870-е годы в ней доминировали хлебные грузы, то к концу XIX века на первое место вышел каменный уголь, существенно увеличилась доля черных металлов, а доля нефтяных грузов возросла на порядок. Следует отметить, что рост хлебных перевозок в абсолютном выражении в этот период был достаточно динамичным, они увеличились примерно вдвое. Однако угольные перевозки росли вчетверо быстрее, чем хлебные, а нефтяные почти в 20 раз быстрее [26; 27], что и обусловило отмеченные структурные изменения.

В начале XX века сохранение ускоренного роста перевозок угля (в 3,2 раза при общем увеличении в 2,5 раза) и более медленного увеличения перевозок хлебных грузов (в 2,2 раза) [27] привели к продолжению тенденций увеличения доли угля и сокращения доли хлебных грузов. А вот рост перевозок нефтегрузов существенно замедлился: их объемы увеличились только в 1,5 раза, а доля существенно сократилась. Это было связано с общим снижением добычи нефти в стране. Своего пика в Российской империи она достигла в 1901 году, после чего стала сокращаться в связи с истощением разведанных в то время месторождений в основном нефтегенерном районе страны – Бакинском – и недостаточной компенсацией за счет роста добычи в других нефтеносных районах [28, С. 69–70]. В целом за 1900–1913 годы добыча нефти снизилась на 21 % [26, С. 403]. Сохранение в этих условиях внушительного роста железнодорожных перевозок нефтяных грузов (хотя и существенно замедлившегося) свидетельствует об эффективном позиционировании железных дорог на рынке грузовых перевозок, где их основным конкурентом был водный транспорт. Доля нефти, перевозимой по железным дорогам, возросла с 13,8 % в 1897–1901 годах до 47,3 % в 1913 году [12, С. 246]. Следует отметить, что доля железных дорог на внутреннем рынке магистральных грузовых перевозок в целом также устойчиво

Таблица 1

**Изменение товарной структуры железнодорожных перевозок  
в Российской империи, %**

Наименование грузов	Годы			
	1876–1878 (в среднем)	1895–1897 (в среднем)	1899	1913
Каменный уголь	9,2	15,9	17,5	22,1
Нефтегрузы	0,7	7,1	6,3	3,7
Черные металлы	2,4	3,5	3,1	3,0
Лесные строительные материалы	6,9	7,2	7,6	9,4
Дрова	...	...	5,2	6,2
Главные хлебные грузы	31,9	20,4	14,5	12,9
Прочие грузы	48,9	45,9	45,8	42,7
Всего	100,0	100,0	100,0	100,0

Источники: [26; 27].

росла: во второй половине 1870-х годов она составляла 55 %, в первой половине 1890-х годов 65 %, а в 1913 году около 75 % [21; 29]. При этом на долю промышленных грузов в общем объеме железнодорожных перевозок в 1913 году приходилось 75,8 % [29, С. 189].

Рост доли железнодорожных перевозок и качественное изменение их товарной структуры в последней четверти XIX – начале XX века являются очень наглядной и важной характеристикой модернизационной трансформации экономики Российской империи, прологом которой стали реформы 1860-х – 1870-х годов, а венцом – «большой экономический рывок» 1885–1914 годов, подкрепленный новыми институциональными реформами [23].

### Товарная структура железнодорожных перевозок в СССР

Рассмотрение структуры железнодорожных перевозок в СССР целесообразно начать с 1928 года, находящегося «на стыке» восстановительного (после Первой мировой и гражданской войн) периода и периода «первых пятилеток», когда началась форсированная индустриализация в рамках централизованно планируемой экономики [30]. Хотя производство и перевозки продукции теперь осуществлялись не для удовлетворения рыночного спроса, а для выполнения директивных плановых заданий [29; 30], сохранились признаки товарных отношений между производителями продукции, грузополучателями и железными дорогами: они осуществляли денежные взаиморасчеты, формировали доходы и прибыль и т.д. Поэтому, а также чтобы выдержать единый подход к заявленной теме на протяжении всего

рассматриваемого полуторавекового периода, мы сохраняем термин «товарная структура железнодорожных перевозок» применительно к централизованно планируемой экономике, не забывая при этом, что товарными эти перевозки были скорее по форме, чем по содержанию.

Следует отметить, что структура перевозок в 1928 году не слишком отличалась от структуры 1913 года (табл. 2). Более того, доля каменного угля снизилась на 2,6 п.п., а доля дров возросла на сопоставимую величину (2 п.п.).

В ходе централизованно планируемой индустриализации, приоритет в которой был отдан развитию тяжелой промышленности [31, С. 782–784], структура железнодорожных перевозок к 1950 году претерпела существенные изменения: кардинально возросла доля угля, существенно – руды, а доля хлебных грузов снизилась более чем вдвое. Впрочем, эти значительные изменения как бы продолжили тенденции конца XIX – начала XX века. Принципиально новой тенденцией стал динамичный рост доли минерально-строительных материалов (ранее такую группу в железнодорожной статистике вообще не выделяли) при снижении доли лесных строительных материалов. Эти взаимосвязанные тренды сохранялись до конца советского периода.

В структуре перевозок топливно-энергетических грузов в 1950-е – 1960-е годы начались кардинальные изменения, связанные с трансформацией энергетического баланса страны – снижением в нем доли угля, повышением доли нефти и газа, а также развитием атомной и гидроэнергетики. Кстати, весомую роль в этой трансформации сыграл ускоренный переход самих железных дорог с преиму-





Таблица 2

## Изменение товарной структуры железнодорожных перевозок в СССР, %

Наименование грузов	Годы						
	1928	1940	1950	1960	1970	1980	1990
Каменный уголь	19,5	24,5	30,6	24,8	21,2	19,6	19,2
Нефтяные грузы	5,6	5,0	5,2	8,0	10,5	11,3	10,1
Черные металлы	3,6	3,7	3,8	4,2	4,9	5,1	5,0
Лесные строительные материалы*	11,1	7,2	8,6	8,8	6,2	3,9	3,7
Дрова	8,2	4,0	2,3	...	...	...	...
Хлебные грузы	9,9	7,8	4,7	4,3	3,7	3,6	3,9
Руда всякая	4,5	5,9	5,8	6,7	8,5	8,5	8,2
Минеральные строительные материалы (включая цемент)	12,9	18,8	18,9	22,9	23,9	25,7	29,4
Химические и минеральные удобрения	0,3	0,7	0,7	1,1	2,4	3,1	3,6
Прочие грузы	24,4	22,3	19,5	19,2	18,8	19,2	16,9
Всего	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

\* С 1960 г. – Лесные грузы (включая дрова).

Источники: [29]; Транспорт и связь СССР. Статистический сборник. – М.: Статистика, 1972. – 320 с.; Железные дороги СССР в цифрах / Составитель А. Якоби; под ред. З. Л. Миндлина. – М.: ЦУНХУ Госплана СССР, 1935. – 189 с.; Справочник эксплуатационника / Под ред. Н. А. Гундобина. – М.: Транспорт, 1971. – 704 с.; Народное хозяйство СССР в 1990 г.: Статистический ежегодник / Госкомстат СССР. – М.: Финансы и статистика, 1991. – 752 с.; Динамика развития железнодорожного транспорта и перспективы формирования инфраструктуры рынка: справочник / Составители Н. П. Терешина, А. В. Ушков. – М.: Типография МИИТа, 1992. – 88 с.; Транспорт и связь СССР. Статистический сборник. – М.: Государственное статистическое издательство, 1957. – 260 с.

щественно паровой на преимущественно электрическую и тепловозную тягу, начавшийся в 1956 году и, в основном, завершившийся к началу 1970-х годов [32]. В начальном году этого перехода, 1956-м, когда паровая тяга доминировала на железнодорожном транспорте, железные дороги потребили около 100 млн тонн угля, свыше 22 % всей угледобычи в стране, причем паровозы в реальных эксплуатационных условиях могли использовать лишь 4–5 % энергии сжигаемого топлива [33, С. 224]. Переход железных дорог на прогрессивные виды тяги высвободил этот уголь для альтернативного, причем более эффективного, использования, сократив тем самым потребные масштабы наращивания угледобычи и перевозок угля. Соответственно, и провозные способности железных дорог были высвобождены для перевозки иных грузов. Более того, значительное повышение производительности поезда, достигнутое благодаря внедрению на железных дорогах электрической и тепловозной тяги и других значимых инноваций [34], существенно увеличило провозные способности, которые можно было использовать для перевозок различных грузов. Влияние указанной трансформации на структуру железнодорожных перевозок проявилось уже в 1960 году, когда доля каменного угля значительно снизилась, а доля нефтяных грузов, достаточно

стабильная в 1928–1950 годах, резко возросла. Это стало началом новой тенденции, в ходе которой к 1970 году уголь уступил первенство в структуре перевозок минерально-строительным грузам (его доля сократилась ниже уровня 1913 года), а нефтяные грузы вышли на третье место, опередив лесные и хлебные грузы.

Сквозными структурными тенденциями на протяжении всего существования централизованно планируемой экономики стали постепенный рост доли черных металлов и весьма динамичный рост доли химических и минеральных удобрений, которая, будучи незначительной в период 1928–1950 годов, к 1990 году стала сопоставимой с долей лесных и хлебных грузов.

Таким образом, в советский период произошла существенная трансформация структуры железнодорожных перевозок, наглядно отражавшая структурные изменения в экономике страны.

### Товарная структура железнодорожных перевозок в Российской Федерации

Оценка товарной структуры железнодорожных перевозок в Российской Федерации (табл. 3) выполнена на основе данных об отправлении (погрузке) грузов, как и табл. 2. При этом следует оговориться, что с начала 1990-х годов показатели «отправлено» и «пе-

Таблица 3

**Изменение товарной структуры железнодорожных перевозок  
в Российской Федерации, %**

Наименование грузов	Годы							
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
Каменный уголь	18,1	23,9	23,2	21,9	22,3	26,7	28,4	28,7
Нефтяные грузы	11,5	14,6	14,8	17,2	21,0	20,6	16,8	17,5
Руды металлические	6,6	10,2	10,8	10,0	10,6	10,7	11,2	10,8
Черные металлы	5,1	5,2	6,0	5,8	6,0	5,9	5,3	5,4
Химические и минеральные удобрения	3,6	3,1	3,4	3,4	3,8	4,2	5,0	4,9
Минеральные строительные материалы (включая цемент)	28,8	23,5	22,0	25,4	14,6	13,1	12,6	12,8
Лесные грузы	6,2	4,7	4,6	5,1	3,4	3,2	3,3	2,5
Зерно и продукты перемола	3,8	2,7	2,0	1,8	1,5	1,7	2,4	2,2
Прочие грузы	16,3	12,1	13,2	9,4	16,8	13,9	15,0	15,2
Всего	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Источники: [35]; Транспорт в России: Стат. сб. / Госкомстат России – М., 2003. – 182 с.; Транспорт в России. 2018: Стат. сб. / Росстат. – М., 2018. – 101 с.; Транспорт в России. 2022: Стат. сб. / Росстат. – М., 2022. – 101 с.; Обзор работы грузового железнодорожного транспорта за 12 месяцев 2022 г. – URL: [/ailsvoet.ru/analytcs/obzor](http://ailsvoet.ru/analytcs/obzor).

ревезено» грузов перестали быть идентичными, так как перевозки импортных и транзитных грузов стали учитываться особым образом<sup>1</sup>.

Однако разница между отправлением и перевозкой грузов не столь велика и, что еще более важно, структура отправления грузов характеризует как структуру отечественного производства, так и успешность привлечения продукции тех или иных отраслей российской экономики на железнодорожный транспорт. Поэтому использование этого показателя остается методологически корректным для целей данного исследования.

В условиях централизованно планируемой экономики структура железнодорожных перевозок грузов в Российской Федерации несколько отличалась от всей сети железных дорог СССР, в частности, доля каменного угля и руды была несколько ниже, а нефтяных и лесных грузов – выше (см. данные по 1990 году в табл. 2 и 3). Однако эти различия были не велики – порядка 1–2 п.п., а наибольшая доля в структуре отправления приходилась на одни и те же грузы: минерально-строительные, каменный уголь и нефтяные.

В рыночных условиях товарная структура железнодорожных перевозок стала существенно меняться под влиянием двух главных факторов. Первый фактор – активный выход российских производителей на мировые товарные рынки, благодаря чему возрос спрос

на экспортные перевозки массовых грузов железнодорожным транспортом и произошли соответствующие изменения структуры погрузки. Так, в 2022 году доля экспорта в погрузке черных металлов составляла 36 %, нефтяных грузов превышала 40 %, зерна – 58 %, а угля – 55 % [35]. Примечательно, что в 2000 году на экспорт было отправлено менее 16 % погруженного угля [36]. Организация технологически эффективных экспортных перевозок угля, стимулируемых также и тарифной политикой [37], способствовала увеличению его добычи [38] и, соответственно, росту доли угля в товарной структуре перевозок, где он вновь вышел на первое место. Рост экспортных перевозок способствовал также увеличению доли нефтяных грузов, руды, черных металлов, удобрений и, в последнее десятилетие – зерна.

Второй фактор – усиление конкуренции на транспортном рынке [39], в результате которого значительные объемы перевозок некоторых грузов ушли с железных дорог на другие виды транспорта. Так, сокращение почти вдвое после 2005 года доли минерально-строительных материалов, средняя дальность перевозки которых невелика, связано с их уходом на автомобильный транспорт, конкурентоспособный в этом сегменте рынка [17]. В связи с активным развитием трубопроводного транспорта [40; 41], являющегося практически неконкурентным в тех сегментах рынка перевозок, на обслуживании которых он специализируется [9, С. 19], доля

<sup>1</sup> Подробнее см: [35, с. 50].



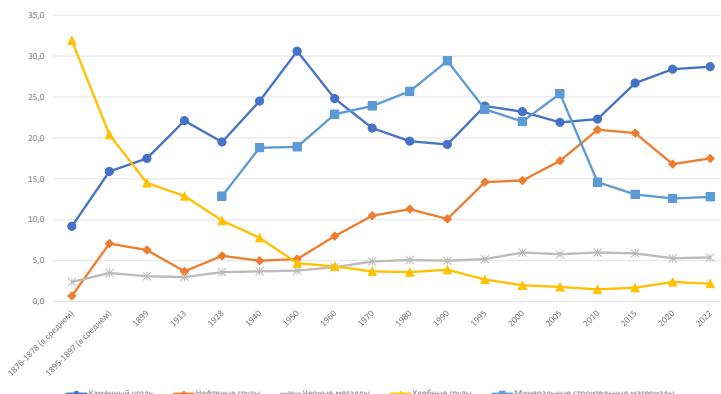


Рис. 1. Изменение доли некоторых грузов в структуре железнодорожных перевозок (1876–2022 годы\*), % [составлено авторами]. \*До 1913 года – данные по сети железных дорог Российской империи, 1928–1990 годы – СССР, с 1995 года – Российской Федерации.

нефтяных грузов на железнодорожном транспорте, составлявшая в 2010 году 21 %, затем значительно снизилась.

Следует отметить еще одну важную тенденцию в изменении товарной структуры железнодорожных перевозок – увеличение доли погрузки контейнеризованных грузов. Если в 2010 году она составляла лишь 1,6 % [42, С. 45], то в 2022 году превысила 3,6 % [35]. Учитывая, что в контейнерах перевозится широкая номенклатура готовой продукции (химикаты, промтовары народного потребления, машины, автомобили и комплектующие и др. [35, С. 59]), рост доли контейнерных перевозок важен для смягчения сырьевой направленности сложившейся товарной структуры железнодорожных перевозок.

### Долгосрочные тенденции и качественные характеристики трансформации товарной структуры железнодорожных перевозок

Наряду с анализом товарной структуры железнодорожных перевозок в отдельные периоды истории нашей страны, представляется интерес выявление общих тенденций ее изменения за рассматриваемый полуторавековой период в целом. Для этого можно использовать охватывающие весь этот период динамические ряды, состоящие из данных соответствующих лет по сети железных дорог Российской империи, СССР и Российской Федерации (рис. 1). Как указывается в [43, С. 27], такой «принцип «склеивания» статистических показателей (особенно относительных) в разных территориальных границах (Российская империя, СССР, РФ), относящихся к перио-

дам истории страны» методологически оправдан.

Как видно из рис. 1, разные грузы демонстрировали различные типы долгосрочных тенденций изменения доли в структуре железнодорожных перевозок.

Доля хлебных грузов снижалась практически экспоненциально. Доля черных металлов, достаточно стабильная в рамках отдельных промежутков времени продолжительностью в 15–20 и более лет, в целом за полтора века имела тенденцию к умеренному росту.

Отмечая общую тенденцию к динамичному росту доли нефтяных грузов, следует обратить внимание на периоды ее снижения, разделяемые столетием и сопоставимые по масштабам: 1895–1913 гг. и 2010–2020 гг.

Примечательно, что график изменения доли минерально-строительных грузов очень близок к той части графика изменения доли каменного угля, которая охватывает 1876–2010 годы, включая периоды динамичного роста, умеренного снижения, один абсолютный и один локальный максимум и, наконец, период стабилизации после снижения относительно локального максимума. Для каменного угля это 2000–2010 годы, а для минерально-строительных грузов – 2010–2022 годы. Следует отметить, что если абсолютные максимумы доли каменного угля и минерально-строительных материалов близки (и составляют около 30 %), то снижение от максимального уровня доли минерально-строительных материалов было гораздо значительнее, чем каменного угля.

При этом изменение долей каменного угля и минерально-строительных материалов происходило в противофазе: рост доли

Таблица 4

**Долгосрочная трансформация товарной структуры перевозок на отечественных железных дорогах**

Годы*	ТОР-3 грузов		Главный груз		Качественная характеристика товарной структуры перевозок
	Наименование	Доля, %	Наименование	Доля, %	
1876–1878 (в среднем)	Хлебные грузы Каменный уголь Лесные строительные материалы	48	Хлебные грузы	31,9	Смешанная
1895–1897 (в среднем)	Хлебные грузы Каменный уголь Лесные строительные материалы	43,5	Хлебные грузы	20,4	Диверсифицированная
1899	Каменный уголь Хлебные грузы Лесные строительные материалы	39,6	Каменный уголь	17,5	Диверсифицированная
1913	Каменный уголь Хлебные грузы Лесные строительные материалы	44,4	Каменный уголь	22,1	Диверсифицированная
1928	Каменный уголь Минеральные строительные материалы Лесные строительные материалы	43,5	Каменный уголь	19,5	Диверсифицированная
1940	Каменный уголь Минеральные строительные материалы Хлебные грузы	51,2	Каменный уголь	24,5	Смешанная
1950	Каменный уголь Минеральные строительные материалы Лесные строительные материалы	58,1	Каменный уголь	30,6	Концентрированная
1960	Каменный уголь Минеральные строительные материалы Лесные грузы	56,5	Каменный уголь	24,8	Смешанная
1970	Минеральные строительные материалы Каменный уголь Нефтяные грузы	55,5	Минеральные строительные материалы	23,9	Смешанная
1980	Минеральные строительные материалы Каменный уголь Нефтяные грузы	56,6	Минеральные строительные материалы	25,7	Концентрированная
1990	Минеральные строительные материалы Каменный уголь Нефтяные грузы	58,7	Минеральные строительные материалы	29,4	Концентрированная
1995	Каменный уголь Минеральные строительные материалы Нефтяные грузы	62,0	Каменный уголь	23,9	Смешанная
2000	Каменный уголь Минеральные строительные материалы Нефтяные грузы	60,0	Каменный уголь	23,2	Смешанная
2005	Минеральные строительные материалы Каменный уголь Нефтяные грузы	64,5	Минеральные строительные материалы	25,4	Концентрированная
2010	Каменный уголь Нефтяные грузы Минеральные строительные материалы	57,9	Каменный уголь	22,3	Смешанная
2015	Каменный уголь Нефтяные грузы Минеральные строительные материалы	60,4	Каменный уголь	26,7	Концентрированная
2020	Каменный уголь Нефтяные грузы Минеральные строительные материалы	57,8	Каменный уголь	28,4	Концентрированная
2022	Каменный уголь Нефтяные грузы Минеральные строительные материалы	59,0	Каменный уголь	28,7	Концентрированная

\* До 1913 года – данные по сети железных дорог Российской империи, 1928–1990 годы – СССР, с 1995 года – Российской Федерации.

Источник: рассчитано авторами.

одного груза сопровождался снижением доли другого. Снижение доли каменного угля в период с конца 1950-х до начала 1990-х годов высвободило пропускные способности и погрузочные ресурсы для

наращивания железнодорожных перевозок минерально-строительных материалов. И, наоборот, возвращение к доминированию угля в железнодорожных перевозках после 2005 года, по-видимому, было одним





из факторов ухода значительной части их перевозок на другие виды транспорта (автомобильный, а также речной). Между каменным углем и минерально-строительными грузами, при наличии существенного экономического сходства (относительно низкая стоимость самих грузов и, соответственно, низкая доходность их перевозки), есть и важное различие. Дальность перевозок каменного угля существенно выше средней дальности, а дальность перевозок минерально-строительных материалов, напротив, невелика<sup>2</sup>. Соответственно, каменный уголь тяготеет именно к железнодорожным дорогам. Коэффициент его перевозимости железнодорожным транспортом уже в конце XIX века составлял порядка 70 % [12, С. 246], а затем стал близок к 100 % [44]. А минерально-строительные материалы, как отмечалось выше, в основном перевозятся в том диапазоне дальности, где конкурентоспособен автомобильный транспорт.

В долгосрочной перспективе декарбонизация экономики может повлечь снижение доли угля в железнодорожных перевозках [16]. Минерально-строительные грузы можно рассматривать как «кандидата» на замещение угольных перевозок, подобно тому, как это было в 1960-е – 1980-е годы. Это, безусловно, потребует соответствующей «настройки» технологии перевозок и обеспечения их высокой экономичности, позволяющей сочетать приемлемый для грузовладельцев уровень тарифов с необходимой для транспортных компаний эффективностью перевозки.

Для оценки долгосрочной трансформации товарной структуры железнодорожных перевозок представляет интерес анализ изменения лидирующих по объему отправления грузов и занимаемой ими доли в общем объеме отправления (табл. 4).

Изменения в составе трех лидирующих грузов, как видно из табл. 4, происходили постепенно, а роль главного груза за все полтора столетия принадлежала поочередно хлебным грузам, каменному углю и минеральным строительным материалам. При этом последние два груза за период с 1970 года по настоящее время несколько раз сменяли друг друга на первой позиции.

<sup>2</sup> Н. П. Терешина, В. Г. Галабурда, В. А. Токарев [и др.]. Экономика железнодорожного транспорта / под ред. Н. П. Терешиной, Б. М. Лапидуса. – М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2011. – С. 226.

Следует отметить значительные колебания как совокупной доли трех основных грузов (от 39,6 % до 64,5 %), так и главного груза (от 17,5 % до 30,6 %) – в обоих случаях различия более чем полуторакратные.

Транспортные (как и товарные) рынки обычно оцениваются исходя из распределения долей между рыночными игроками (представителями транспортных услуг) [45, С. 57–62]. Однако для рынка железнодорожных грузовых перевозок неменьший интерес представляет его характеристика с точки зрения распределения долей между обслуживающими отраслями, спрос которых реализуется транспортными компаниями. Это распределение проявляется как раз в товарной структуре рынка перевозок. Если в ней совокупная доля трех основных грузов превышает 50 % и при этом доля главного груза превышает 25 %, товарную структуру можно охарактеризовать как концентрированную. В противном случае (доля ТОР-3 менее 50 % и доля главного груза менее 25 %) – как диверсифицированную. В остальных случаях товарную структуру можно охарактеризовать как смешанную.

Как видно из табл. 4, если в конце XIX – начале XX века товарная структура железнодорожных перевозок была диверсифицированной, а затем чередовались смешанная и концентрированная структура, то в XXI веке концентрированная структура преобладает. Хотя высокая концентрация на перевозках определенных грузов дает железнодорожному транспорту некоторые преимущества в плане настройки технологии перевозок и обеспечения их экономичности, она же делает транспортные компании зависимыми от конъюнктуры небольшого количества отраслей и уязвимыми в случае ее ухудшения. Поэтому в перспективе целесообразна диверсификация товарной структуры железнодорожных перевозок.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полуторавековая трансформация товарной структуры рынка железнодорожных перевозок отражает индустриализацию экономики и энергетический переход к преимущественному использованию ископаемого топлива (сначала – угля, затем, во все большей степени, нефти) [46], а с серединой XX века – масштабное перераспределение перевозок между видами транспорта, связанное с дина-

мичным строительством автомобильных дорог и трубопроводов [40; 41; 44]. Анализ показывает, что при всей постепенности изменения этой структуры, в долгосрочном периоде доля грузов, занимавших в ней ведущие позиции, может снизиться до невысокого уровня (хлебные, лесные грузы) или даже практически до нуля (древа), и наоборот, грузы, составлявшие небольшую долю перевозок, могут существенно повысить свое значение для транспортного рынка (нефтяные грузы, химические и минеральные удобрения).

Приспособление железнодорожного транспорта к значимым изменениям товарной структуры перевозок (которые влекут за собой и изменения направлений грузопотоков, и изменения требований к технологии перевозок) свидетельствует о высокой адаптивности капитальных благ отрасли, а значит – о перспективности инвестиций в ее развитие.

Обращает на себя внимание стабильно высокая доля черных металлов в структуре перевозок и уверенное возвращение на роль главного груза каменного угля, впервые занявшего эту позицию еще в конце XIX века. Это связано не только со значительным удельным весом в экономике страны отраслей, производящих соответствующую продукцию, но и с высокой степенью соответствия технологических особенностей железнодорожного транспорта потребностям отправителей этих грузов.

Сложившаяся в начале XXI века концентрированная товарная структура железнодорожных перевозок с доминированием каменного угля, с учетом как низкой доходности угольных перевозок для железных дорог [36; 37], так и разворачивающейся, хотя и постепенно, декарбонизации экономики [16; 46], не является эффективной и перспективной. Необходима ее долгосрочная диверсификация на основе реализации как маркетинговых, так и технико-технологических инноваций [19; 47]. При этом ключевое значение имеет клиентоориентированное совершенствование технологии грузовых перевозок [48; 49]. Важную роль в долгосрочной диверсификации железнодорожных грузовых перевозок может сыграть создание на основе синтеза маркетинговых и технико-технологических инноваций, ориентированных на наиболее перспективные сегменты рынка, новых транспортных продуктов, привлекательных для

грузовладельцев и эффективных для транспортных компаний.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Валеев Н. А. Позиционирование железнодорожного транспорта на рынке транспортных услуг // Экономика железных дорог. – 2023. – № 5. – С. 25–34. EDN: DAUYLM.
2. Гольц Г. А. Культура, экономика, транспорт: пути использования взаимосвязей в прогнозировании // Проблемы прогнозирования. – 2000. – № 1. – С. 152–167. EDN: HRTDXZ.
3. Давыдов М. А. Теорема Столыпина. – СПб: Алетейя, 2022. – 838 с. ISBN 978-5-00165-433-9.
4. Мачерет Д. А. Динамика железнодорожных перевозок грузов как макроэкономический индикатор // Экономическая политика. – 2015. – Т. 10. – № 2. – С. 133–150. EDN: TQCFWP.
5. Рышков А. В. Грузовая база магистрального железнодорожного транспорта: сущность и методика анализа // Наука и техника транспорта. – 2008. – № 3. – С. 71–82. EDN: JUKUAZ.
6. Подкорин В. А., Овсянникова Е. Н. Обоснование экономического механизма управления транспортной компанией на основе комплексной оценки экономической конъюнктуры // Бюллетень научного совета АО «ИЭРТ». – 2023. – № 8–2. – С. 7–15. EDN: SWKKQS.
7. Пехтерев Ф. С., Замковой А. А. О формировании научных задач по созданию интегральной евроазиатской системы в контексте развития международных транспортных коридоров // Бюллетень Объединенного научного совета ОАО «РЖД». – 2018. – № 1. – С. 28–36. EDN: VZBDHF.
8. Ледней А. Ю. Разработка методических подходов к оценке экономической эффективности развития транспортной инфраструктуры с учетом объемов и неравномерности перевозок // Дис... канд. экон. наук. – М.: РУТ (МИИТ), 2020. – 176 с.
9. Управление маркетинговой деятельностью на транспорте: монография / Под ред. В. Г. Галабурды и Ю. И. Соколова. – М.: РУТ (МИИТ), 2018. – 300 с. ISBN: 978-5-7876-0282-1.
10. Чупров А. И. Железнодорожное хозяйство. Его экономические особенности и его отношения к интересам страны. – М.: Типография А. И. Мамонтова и Ко, 1875. – 362 с.
11. Мясоедов-Иванов В. А. Эксплуатация железных дорог: Общие сведения. Служба движения: крат. излож. лекций проф. Мясоедова-Иванова // Институт инженеров путей сообщения Александра I. – СПб.: Типография Ю. Н. Эрлих, 1910. – 158 с.
12. Столетие железных дорог. – М.: Транспечать, 1925. – 261 с.
13. Крейнин А. В. Развитие системы железнодорожных грузовых тарифов и их регулирование в России (1837–2007 гг.). – М.: Издательский дом Международного университета в Москве, 2010. – 268 с. ISBN: 978-5-9248-0078-4.
14. Хусаинов Ф. И. Железнодорожные тарифы в СССР и России во второй половине XX – начале XXI вв. // Бюллетень транспортной информации. – 2016. – № 3. – С. 8–19. EDN: VOMRYL.
15. Лапидус Б. М. Опережающее развитие железнодорожного транспорта – выбор времени // Бюллетень Объединенного научного совета ОАО «РЖД». – 2018. – № 5. – С. 1–16. EDN: VUQJFM.
16. Лапидус Б. М., Мачерет Д. А. Влияние экологической парадигмы на долгосрочное развитие железнодорожного транспорта // Экономика железных дорог. – 2016. – № 9. – С. 12–24. EDN: WIDHSL.





17. Лукьянова О. В., Хусаинов Ф. И. Перспективы конкуренции железнодорожного и автомобильного транспорта // Бюллетень транспортной информации. – 2013. – № 11. – С. 3–14. EDN: REAFLH.
18. Разуваев А. Д. Журнал «Современник» о железной дороге (социально-экономический анализ) // Мир транспорта. – 2020. – Т. 18. – № 2 (87). – С. 260–269. DOI: 10.30932/1992-3252-2020-18-260-269.
19. Измайлова А. В. Классификация инноваций на железнодорожном транспорте и инвестиционный фактор их реализации // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2015. – № 3. – С. 35–41. EDN: TUVQPD.
20. Schenk, F. B. Russlands Fahrt in die Moderne. Mobilität und sozialer Raum im Eisenbahnzeitalter. Stuttgart, Franz Steiner, 2014, 456 p. [Электронный ресурс]: [https://www.academia.edu/9342941/Russlands\\_Fahrt\\_in\\_die\\_Moderne\\_Mobilität\\_und\\_sozialer\\_Raum\\_im\\_Eisenbahnzeitalter\\_Stuttgart\\_2014](https://www.academia.edu/9342941/Russlands_Fahrt_in_die_Moderne_Mobilität_und_sozialer_Raum_im_Eisenbahnzeitalter_Stuttgart_2014). Доступ 17.08.2023.
21. Соловьев А. М. Железнодорожный транспорт России во второй половине XIX в. – М.: Наука, 1975. – 318 с.
22. Давыдов М. А. Двадцать лет до Великой войны: российская модернизация Витте–Столыпина. – СПб.: Алетейя, 2016. – 1081 с. ISBN 978-5-906705-04-4.
23. Мачерет Д. А. Развитие железнодорожной сети и «большой экономический рывок» в России // Мир транспорта. – 2022. – Т. 20. – № 5 (102). – С. 104–112. DOI: 10.30932/1992-3252-2022-20-5-12.
24. Загорский К. Я. Экономика транспорта. – М. – Л.: Госиздат, 1930. – 368 с.
25. Мачерет Д. А. Создание сети железных дорог и ускорение развития страны // Мир транспорта. – 2012. – Т. 10. – № 4 (42). – С. 184–192. EDN: PFFKVX.
26. Лященко П. И. История народного хозяйства СССР. – Том II. Капитализм. – М.: Госполитиздат, 1952. – 736 с.
27. Гибшман А. Е., Данилов С. К., Дмитриев В. И. и др. Экономика транспорта / Под ред. С. К. Данилова. – М.: Транскелдориздат, 1958. – 711 с.
28. Тери Э. Экономическое преобразование России / Пер. с фр. – М.: РОССПЭН, 2008. – 183 с. ISBN 978-5-8243-0985-0.
29. Вольфсон Л. Я., Ледовской В. И., Шильников Н. С. Экономика транспорта. – М.: Транскелдориздат, 1941. – 688 с.
30. Мачерет Д. А. Экономика первых пятилеток в «зеркале» железнодорожного транспорта // Экономическая политика. – 2015. – Т. 10. – № 4. – С. 87–112. DOI: 10.18288/1994-5124-2015-4-05.
31. Дедков Н. И., Бордюгов Г. А., Щербакова Е. И. и др. История для экономистов / Под общ. ред. А. Д. Некипелова и С. Н. Катырина. Том второй. М.: АИРО-XXI, 2018. – 1056 с. ISBN 978-5-91022-406-7.
32. История железнодорожного транспорта России, XIX–XXI вв. / Под ред. Е. И. Пивовара. – М.: Издательский Дом Мещерякова, 2012. – 736 с. ISBN 978-5-91045-509-6.
33. Белов И. В., Гибшман А. Е., Дмитриев В. И. и др. Экономика железнодорожного транспорта / Под ред. Е. Д. Ханукова. – М.: Транспорт, 1969. – 424 с.
34. Мачерет Д. А., Кудрявцева А. В. Ретроспективный анализ эффективности эксплуатационной работы железных дорог в грузовом движении // Мир транспорта. – 2018. – Т. 16. – № 4 (77). – С. 102–115. EDN: YATMCL.
35. Хусаинов Ф. И. Рынок железнодорожных перевозок в 2022 г. // Экономика железнодорожных дорог. – 2023. – № 3. – С. 46–72. EDN: OTIXIZ.
36. Хусаинов Ф. И., Ожерельева М. В. О перевозках грузов топливно-энергетического комплекса железнодорожным транспортом в 2018 году // Экономика железнодорожных дорог. – 2019. – № 8. – С. 70–84. EDN: KFSGEQ.
37. Хусаинов Ф. И., Ожерельева М. В. Влияние тарифной политики железных дорог на конкурентоспособность угольной отрасли // Мир транспорта. – 2016. – Т. 12. – № 5. – С. 84–95. EDN: YSQFQZ.
38. Мачерет Д. А. Теоретическое осмысление роли транспорта в обеспечении долгосрочного экономического развития // Мир транспорта. – 2020. – Т. 18. – № 4 (89). – С. 6–33. DOI: 10.30932/1992-3252-2020-18-06-33.
39. Лапидус Б. М. Транспортная наука для инновационного развития железнодорожного транспорта // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2017. – № 4. – С. 5–9. EDN: ZXFEV.
40. Подсорин В. А., Овсянникова Е. Н., Дунаев М. В. Типология видов транспорта в системе оценки конъюнктуры рынка // Транспортное дело России. – 2020. – № 4. – С. 163–168. EDN: BNEYAK.
41. Соколов Ю. И., Коцоева В. С. Экономические проблемы сложившегося распределения грузопотоков по видам транспорта // Транспортное дело России. – 2023. – № 3. – С. 161–163. DOI: 10.52375/20728689\_2023\_3\_161.
42. Дубровина В. И. Экономическое обоснование направлений повышения конкурентоспособности железнодорожных перевозок контейнеропригодных грузов // Дис. ... канд. экон. наук. – М.: МГУПС (МИИТ), 2014. – 171 с.
43. Гольц Г. А. Долговременные исторические тренды как фактор экономического прогнозирования: транспорт, экономика, демография // Проблемы прогнозирования. – 2004. – № 2. – С. 25–36. EDN: HRTRLD.
44. Хачатуров Т. С. Экономика транспорта. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1959. – 588 с.
45. Хусаинов Ф. И. Оценка уровня конкуренции на рынке услуг операторов железнодорожного подвижного состава в 2019 году // Экономика железнодорожных дорог. – 2019. – № 9. – С. 56–67. EDN: UYTPNP.
46. Smil, V. Energy and Civilization: A History. Cambridge, MA, The MIT Press, 2017, 564 р. DOI: 10.7551/mitpress/10752.001.0001. ISBN 9780262338301.
47. Тулупов А. В., Белоцкий А. В., Шитов Е. А., Шитова Ю. А. Инновационные и научно-технологические приоритеты грузового железнодорожного транспорта // Мир транспорта. – 2021. – Т. 19. – № 5 (96). – С. 58–68. DOI: 10.30932/1992-3252-2021-19-5-7.
48. Виноградов С. А., Мехедов М. И., Вакуленко С. П., Якубен А. Ю. Перспективы развития ускоренных грузовых перевозок // Железнодорожный транспорт. – 2021. – № 4. – С. 10–15. EDN: BXHFJJ.
49. Виноградов С. А., Мехедов М. И., Хомов А. В., Шведин К. И. Развитие перевозок грузов в интермодальных транспортных грузовых единицах // Железнодорожный транспорт. – 2022. – № 2. – С. 7–11. EDN: JIPRK.

#### Информация об авторах:

**Мачерет Дмитрий Александрович** – доктор экономических наук, профессор, первый заместитель председателя Объединенного ученого совета ОАО «РЖД», профессор Российской университете транспорта, Москва, Россия, macheretda@rambler.ru.

**Мачерет Антон Дмитриевич** – студент Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия, antonmacheret@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 04.09.2023, одобрена после рецензирования 27.10.2023, принята к публикации 14.11.2023.

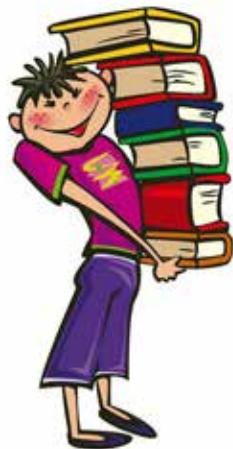
# 77



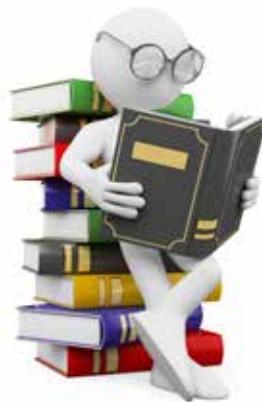
## РЕЦЕНЗИЯ

142

Возвращение к актуальной теме:  
правовые аспекты использования  
автономных транспортных систем.



## КНИЖНАЯ ЛОЦИЯ



## АВТОРЕФЕРАТЫ ДИССЕРТАЦИЙ

147

- Устойчивое развитие цепей логистических поставок.
- Механическая стабилизация грунтов подшпалного основания геосинтетическими материалами.

## НОВЫЕ КНИГИ

150

Новые книги о транспорте  
и для транспортников, вышедшие  
в российских издательствах  
и университетах.





# Беспилотные системы: динамика границ эксплуатации и перспективы правового регулирования минимизации ее рисков



Иван Владимирович Холиков

Институт законодательства и сравнительного правоведения  
при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия.  
✉ iv\_kholik@mail.ru.

Иван ХОЛИКОВ

## АННОТАЦИЯ

Землин А. И., Матвеева М. А., Гоц Е. В. Актуальные проблемы минимизации рисков, возникающих в связи с использованием беспилотных автомобилей в условиях мегаполиса: системно-правовой анализ: Монография. – М.: КноРус, 2023. – 190 с. ISBN 978-5-406-12803-9.

Статья представляет собой рецензию на монографию «Актуальные проблемы минимизации рисков, возникающих в связи с использованием беспилотных автомобилей в условиях мегаполиса: системно-правовой анализ», подготовленную представителями Российского университета транспорта. Отмечается актуальность тематик, включенных в содержание монографии, широта их освещения, позволяющая решить ряд поставленных задач. В частности, с использованием инструментария историко-правового, компара-

тивно-правового и системно-правового подходов проанализированы и осмыслены концепции применения риск-ориентированного подхода в интересах мониторинга, визуализации и выработки управленческих решений по минимизации угроз в условиях осуществления различных видов деятельности. Особо подчеркивается значимость предложений, сформулированных по результатам проведенного исследования, внедрение которых позволит минимизировать за счет комплексного использования правовых средств риски эксплуатации беспилотных автомобилей на дорогах общего пользования, что имеет значение для обеспечения эффективности и безопасности их функционирования, в контексте потребностей развития российской экономики, достижения национальных целей и стратегического позиционирования Российской Федерации в современном мире.

**Ключевые слова:** беспилотные системы, беспилотные транспортные средства, безопасность дорожного движения, риск-ориентированный подход, минимизация угроз, правовое регулирование.

---

Для цитирования: Холиков И. В. Беспилотные системы: динамика границ эксплуатации и перспективы правового регулирования минимизации ее рисков // Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 142–146. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-17>.

---

Полный текст статьи в переводе на английский язык публикуется во второй части данного выпуска.  
The full text of the review article in English is published in the second part of the issue.

**К**ризисные события последнего десятилетия, связанные с деформацией системы мирового порядка [1–3], переосмыслением роли общества, государства и права [4–5], состояния современных международных отношений, экономических, социальных, правовых проблем, появлением новых угроз для мира, безопасности и устойчивого развития [6–8] происходят на фоне стремительного развития технологий [9–10], само существование которых казалось попросту немыслимым еще совсем недавно.

Это в полной мере относится к беспилотным системам, использование которых ранее ограничивалось военной сферой и сферой безопасности, главным образом за счет использования беспилотных летательных аппаратов [11] и беспилотных морских систем [12], а также отдельными проектами в сельском хозяйстве, по экологическому мониторингу и доставке мелких отправлений в труднодоступные районы.

Серия пандемий различных инфекционных заболеваний [13–16], наиболее значимой из которых стала пандемия COVID-19<sup>1</sup>, и апокалиптические сценарии, связанные с ними, послужили дополнительным триггером развития футуристических технологий. Беспилотники превратились в сложные транспортные системы, способные доставлять значительные объемы полезной нагрузки на серьезные расстояния. Беспилотные поезда, суда и автомобили уже перестают быть предметом удивления. На улицах крупных мегаполисов, в том числе Москвы, появились роботы-доставщики, которые в период локдауна использовались для доставки лекарств пациентам и анализов от пациентов в медицинские лаборатории, за соблюдением санитарно-карантинного режима в городах следили патрульные беспилотники.

Тем не менее, несмотря на все более активное внедрение беспилотных систем в нашу повседневную жизнь, одним из наиболее значимых проблемных вопросов является правовое регулирование допуска к эксплуатации и последующее использование беспилотных транспортных средств. Это в большей степени относится к беспилотным автомобилям как источнику повышенной опасности особенно в условиях мегаполиса.

В этой связи не случайно, что в Концепции обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств

на автомобильных дорогах общего пользования<sup>2</sup> особо отмечается, что новые технологии, внедряемые в транспортных средствах, могут создавать дополнительные риски для безопасности дорожного движения, поэтому задачей Концепции является минимизация как существующих, так и потенциальных рисков в интересах всего общества. При этом отставание России в вопросах оперативного и массового внедрения высоковоавтоматизированных транспортных средств в национальную транспортную систему, детерминируется, не в последнюю очередь, наличием в российском праве ряда коллизий и пробелов, негативно отражающихся на процессах использования инновационных транспортных технологий [17]. Одновременно критическая оценка содержания предлагаемых в рамках нормотворческой инициативы решений свидетельствует об их недостаточной научной основательности.

Решение этих вопросов возможно на основе осмысления рисков, возникающих в связи с изменением принципов и правовых основ системы обеспечения безопасности на транспорте, и в последующей выработке новых подходов к организации дорожного движения, учитывающих появление на автомобильных дорогах беспилотных автомобилей. Этому и посвящена монография А. И. Землина, М. А. Матвеевой и Е. В. Гоц «Актуальные проблемы минимизации рисков, возникающих в связи с использованием беспилотных автомобилей в условиях мегаполиса: системно-правовой анализ» [18], изданная при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 22–28–20334 «Правовые средства обеспечения безопасности использования беспилотных автомобилей в мегаполисе»<sup>3</sup>.

В рецензируемой работе, исходя из необходимости достижения поставленной цели, заключающейся в выявлении и типологизации рисков обеспечения безопасного использования беспилотных автомобилей, а также подготовки на этой основе предложений по совершенствованию системы правового регулирования в указанной сфере в принципиально новых условиях, решался ряд научных задач. В частности, с использованием инструментария историко-правового, компаративно-правового и системно-правового подходов проанализированы и осмыслены концепции применения риск-ориентированного подхода в интересах мониторинга, визуализации и выработки управленческих решений по минимизации угроз в условиях осуществления различных видов деятельности. Критическое

<sup>1</sup> Землин А. И., Землина О. М., Кленов М. В., Опенышев О. С., Холиков И. В. 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.

<sup>2</sup> Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 марта 2020 года № 724-Р.

<sup>3</sup> <https://rscf.ru/project/22-28-20334>. Доступ 05.12.2023.





осмысление парадигмальных основ применения риск-ориентированного подхода в различных сферах общественного производства и социально-экономических отношений позволило сформулировать и адаптировать к потребностям проводимого исследования системно упорядоченную совокупность терминов и понятий, используемых в научном обороте и в нормотворческой деятельности, связанной с регулированием общественных отношений, возникающих в процессе допуска к эксплуатации и последующим использованием беспилотных автомобилей, учитывающих специфику применения риск-ориентированного подхода.

Применение методик формально-догматического анализа норм российского законодательства, системное осмысление мнений ученых, исследовавших проблемы использования риск-ориентированного подхода в интересах минимизации угроз в процессе возникновения, изменения и прекращения общественных отношений в однородных и одновидовых отношениях было обусловлено необходимостью выявления общих и специфических характеристик методологии риск-ориентированного подхода и обеспечило возможность определения принципиальных основ построения системы управления рисками, возникающими в процессе допуска к эксплуатации и последующего использования беспилотных автомобилей, обеспечивающей выработку на правовой основе управленческих решений по минимизации угроз безопасному использованию беспилотных автомобилей в мегаполисе.

Представленная по результатам проведенного исследования модель построения типологии рисков, связанных с появлением и все более широким использованием на дорогах общего пользования беспилотных автомобилей, может способствовать не только построению системы с допуском и последующим использованием беспилотных автомобилей, в том числе в условиях мегаполиса, но и решению задачи по выработке упорядоченной и системно взаимосвязанной совокупности правовых мер, нацеленных на предупреждение нарушений порядка допуска к эксплуатации и использования беспилотных автомобилей, установление мер ответственности за нарушения в исследуемой сфере с использованием потенциала различных отраслей права.

Предложенные в монографии теоретические выводы и практические предложения могут послужить целям формирования упорядоченной системы правовых терминов и категорий, используемых в правовых актах, регулирующих отношения, связанные с использованием высокоматематизированных транспортных средств, интересам определения направлений дальнейшей науч-

ной проработки проблем, имеющих существенное значение для инновационного развития экономики и транспорта. Легализация в российском праве предложений, сформулированных по результатам проведенного исследования, позволит минимизировать за счет комплексного использования правовых средств риски эксплуатации беспилотных автомобилей на дорогах общего пользования, что имеет значение для обеспечения эффективности и безопасности их функционирования, в контексте потребностей развития российской экономики, достижения национальных целей и стратегического позиционирования Российской Федерации в современном мире.

Вместе с тем, несмотря на высокий уровень выполненного исследования, представляется возможным высказать некоторые критические замечания. Во-первых, исследование бы значительно выиграло в случае включения в него результатов сравнительно-правового анализа законодательства и правоприменительной практики иностранных государств, широко использующих беспилотные системы в своих мегаполисах. Изучение и творческое заимствование полезного зарубежного опыта может обогатить отечественную науку и практику, позволит избежать повторения их ошибок. Во-вторых, отдельные положения, сформулированные авторами, не имеют окончательного, закрытого или исчерпывающего характера, носят гипотетический характер.

Однако высказанные замечания носят скорее рекомендательный характер и могут стать поводом для содержательной научной дискуссии, побудительным мотивом и основой для дальнейшей научной проработки исследуемой проблемы.

Как неоднократно подчеркивалось, потребность в правовых знаниях для сотрудников транспортной отрасли, особенно в современных условиях развития цифровых технологий, повсеместного использования искусственного интеллекта, трудно переоценить [19–20]. В этой связи вызывает интерес возможность подготовки на основе изданной монографии учебных программ в целях обучения правовым основам эксплуатации беспилотных систем, применению риск-ориентированных подходов как в учреждениях среднего специального образования, так и в высших учебных заведениях, в том числе в Российском университете транспорта.

Особо следует отметить, что положения, представленные в монографии, получили свое освещение на страницах ведущих рецензируемых журналов, рассматривающих транспортно-правовую проблематику и смежные с ней аспекты различных отраслей научного знания, что подтверждает научную добросовестность авторов и основательность представленных в монографии выводов. Так, целый ряд уже опублико-

ванных авторами монографии научных трудов посвящены вопросам теоретико-правового исследования принципиальных подходов к построению системы обеспечения безопасности при использовании беспилотных автомобилей [21, С. 33; 22, С. 60], уточнению определения «высокоавтоматизированного транспортного средства» [23, С. 117], «автоматизированной системы вождения» [24, С. 31; 25, С. 53–54] и др., обоснованию необходимости законодательного закрепления в качестве видов обеспечения автоматизированной системы вождения таких, как: программное обеспечение; информационное обеспечение; организационное обеспечение; правовое обеспечение [26, С. 147].

Авторы уделили существенное внимание исследованию опыта правового обеспечения внедрения инновационных транспортных средств на различных исторических этапах развития транспортной системы России [27, С. 8–9].

На основе применения сравнительно-правового метода авторами в предшествующих монографии научных публикациях исследован опыт юридического закрепления положений законодательных актов развитых государств, обеспечивающих внедрение и эксплуатацию высокоавтоматизированных транспортных средств, что позволило сделать выводы относительно степени возможности и целесообразности применения опыта указанных стран в России [28, С. 457; 29].

В ряде работ в целях обеспечения безопасного использования беспилотных автомобилей авторами обоснована необходимость закрепления основ лицензирования, технического обслуживания, контроля и надзора за допуском к использованию и эксплуатацией высокоавтоматизированных транспортных средств [30, С. 55; 31, С. 116].

Значительное число публикаций авторов монографии раскрывает особенности высокоавтоматизированного автомобиля как объекта административно-правового регулирования и средства причинения вреда, содержит практические рекомендации по устранению барьеров организационного и правового характера, препятствующих внедрению и безопасному использованию технологий беспилотного вождения [32, С. 189]. Вопросы справедливого распределения негативных последствий вреда, причиненного вследствие недостатков высокоавтоматизированного автомобиля также весьма подробно рассмотрены авторами [33, С. 5].

Авторами монографии опубликованы работы, направленные на разработку концептуальных основ модели управления рисками, возникающими в процессе допуска к эксплуатации и собственно эксплуатации беспилотных автомобилей [33, С. 4].

В заключение представляется возможным подчеркнуть, что монография «Актуальные проблемы минимизации рисков, возникающих в связи с использованием беспилотных автомобилей в условиях мегаполиса: системно-правовой анализ» представляет собой законченный системный труд, посвященный значимым теоретическим и практическим проблемам, и безусловно будет полезна для преподавателей, научных и практических работников, а также всех, кто интересуется вопросами внедрения и эксплуатации беспилотных систем.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гаврилов С. О., Глебов И. Н., Чукин С. Г. [и др.]. Право в точке бифуркации: обсуждение концептуального исследования военных проблем международного права (Дискуссия в формате «круглого стола» по материалам гл. 6 «Военные проблемы международного права» т. III монографии «Военное право») // Государство и право. – 2022. – № 12. – С. 59–67. DOI: 10.31857/S102694520023301-2.
2. Милованович А., Холиков И. В., Наумов П. Ю. Динамика функционирования международного права в условиях трансформации современного миропорядка: постнеклассический подход // Журнал российского права. – 2022. – Т. 26. – № 11. – С. 132–148. DOI: 10.12737/jrl.2022.122.
3. Капустин А. Я., Авхадеев В. Р., Азнагурова Г. М., Балыхаева С. Б. [и др.]. Современная концепция взаимодействия международного и внутригосударственного права: Монография / отв. ред. Капустин А. Я. – М.: Норма, 2023. – 336 с. DOI: 10.12737/1926386.
4. Хабриева Т. Я. Правовая система Российской Федерации в условиях международной интеграции // Вестник Российской академии наук. – 2015. – Т. 85. – № 3. – С. 195. DOI: 10.7868/S0869587315030068.
5. Больщакова В. М., Холиков И. В., Наумов П. Ю., Зелепукин Р. В. Ценности и смыслы главного судебного акта XX века: аксиологические концепты книги А. Н. Савенкова «Нюориберг: Приговор во имя Мира» (Материалы дискуссии) // Государство и право. – 2022. – № 10. – С. 51–62. DOI: 10.31857/S1026945200217887.
6. Холиков И. В. Международно-правовые аспекты противодействия современным военным угрозам // Современное право. – 2003. – № 6. – С. 27–31. EDN: ZBKNET.
7. Шумилов В. М. Международная экономическая система и международное право // Социально-политические науки. – 2021. – Т. 11. – № 3. – С. 26–31. DOI: 10.33693/2223-0092-2021-11-3-26-31.
8. Холиков И. В. Теоретико-правовые аспекты международного сотрудничества в сфере противодействия угрозам экономической безопасности // Образование. Наука. Научные кадры. – 2012. – № 4. – С. 29–31. EDN: PBRNOJ.
9. Хабриева Т. Я. Технологические революции и их проекция в праве // Вопросы истории. – 2022. – № 2–2. – С. 256–270. DOI: 10.31166/VoprosyIstoriij202202Statyi33.
10. Хабриева Т. Я. Технологические императивы современного мира и право // Журнал зарубежного законодательства и сравнительного правоведения. – 2023. – Т. 19. – № 1. – С. 5–12. DOI: 10.12737/jzsp.2023.001.
11. Сазонова К. Л., Холиков И. В. Международно-правовая ответственность в контексте правовой регламентации военного использования беспилотных летательных аппаратов // Военное право. – 2017. – № 4 (44). – С. 217–226. [Электронный ресурс]:



<https://russiandrone.ru/publications/mezhunarodnopravovaya-otvetstvennost-v-kontekste-pravovoy-reglamentatsii-voennogo-i-spolzovaniya-be/?ysclid=lujrkirypw476340102>. Доступ 25.11.2023.

12. Холиков И. В. Некоторые проблемные вопросы международно-правовой регламентации использования беспилотных морских систем в военных целях // «Военное право». – 2019. – № 6. – С. 276–283. [Электронный ресурс]: <http://www.voennopravo.ru/files/06-19.pdf> [полный текст номера]. Доступ 25.11.2023.

13. Жданов К. В., Холиков И. В. Болезнь, вызываемая вирусом Эбола: от теории к практике // Журнал инфектологии. – 2015. – Т. 7. – № 1. – С. 5–17. DOI: <https://doi.org/10.22625/2072-6732-2015-7-1-5-17>.

14. Sazonova, K. L., Kholikov, I. V. The Ebola Response Team Deployment in the Guinea Republic: Organizational, Ethical, Legal Issues and a Problem of Responsibility. In: Ethical Challenges for Military Health Care Personnel. Edited by Daniel Messelken and David Winkler. New York: Routledge, 2018, pp. 38–51. EDN: YAPOMH.

15. Жданов К. В., Холиков И. В. Оказание помощи Гвинейской Республике в борьбе с эпидемией геморрагической лихорадки Эбола // Военно-медицинский журнал. – 2015. – № 2 (Т. 336). – С. 93–95. EDN: WCBFTZ.

16. Холиков И. В. Распространение эпидемий, пандемий и массовых заболеваний как глобальный вызов современности // Пути к миру и безопасности. – 2020. – № 2 (59). – С. 27–40. DOI: 10.20542/2307-1494-2020-2-27-40.

17. Zemlin, A., Kholikov, I., Mamedova, I. Current Issues of Metro Safety Technical Regulations. In: Proceedings of the XIII International Scientific Conference on Architecture and Construction 2020. Lecture Notes in Civil Engineering, 2021, Vol. 130, pp. 236–247. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-33-6208-6\\_24](https://doi.org/10.1007/978-981-33-6208-6_24).

18. Землин А. И., Матвеева М. А., Гоц Е. В. Актуальные проблемы минимизации рисков, возникающих в связи с использованием беспилотных автомобилей в условиях мегаполиса: системно-правовой анализ: Монография. – М.: КноРус, 2023. – 192 с. ISBN 978-5-406-12803-9.

19. Холиков И. В. Правовые знания для будущих транспортников // Мир транспорта. – 2020. – Т. 18. – № 1 (86). – С. 260–264. DOI: 10.30932/1992-3252-2020-18-260-264.

20. Холиков И. В. Право и транспорт: продолжение темы // Мир транспорта. – 2020. – Т. 18. – № 4 (89). – С. 246–253. DOI: 10.30932/1992-3252-2020-18-246-253.

21. Землин А. И. Актуальные вопросы правового регулирования функционирования высокавтоматизированных автомобилей в условиях мегаполиса // Правовое обеспечение транспортной политики и безопасности на транспорте: опыт, проблемы и перспективы: Сб. научных трудов по результатам научных мероприятий, организованных кафедрой «Транспортное право» в рамках подготовки и проведения недели науки в Юридическом институте РУТ (МИИТ), Москва, 25 мая – 03 июня 2022 года. – М.: ООО «Русайн», 2022. – С. 32–40. EDN: QSLQBQ.

22. Землин А. И. Проблемные вопросы правового регулирования отношений, связанных с использованием высокавтоматизированных транспортных средств // Журнал российского права. – 2022. – Т. 26. – № 12. – С. 58–69. EDN: BSMKWA.

23. Землин А. И., Матвеева М. А., Гоц Е. В., Торшин А. А. Проблемные вопросы правового регулирования использования автомобилей с автоматизированной системой вождения // Мир транспорта. – 2022. – Т. 20. – № 4 (101). – С. 117–122. EDN: QLAYCZ. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-4-11>.

24. Землин А. И. Проблемные вопросы легализации понятий, используемых в целях правового регулирования транспортных отношений с участием автомобилей с автоматизированной системой вождения // Мир транспорта. – 2022. – Т. 20. – № 5 (102). – С. 29–34. EDN: RVRST. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-4>.

25. Землин А. И., Торшин А. А. «Система помощи водителю», или «автоматизированная система управления»: вопросы определения границ для публично-правового и частноправового регулирования // Современное право. – 2022. – № 8. – С. 52–57. EDN: CLTLSU.

26. Землин А. И., Матвеева М. А., Гоц Е. В., Торшин А. А. Правовой статус водителя высокавтоматизированного автомобиля в контексте административно-правового и гражданско-правового регулирования // Право и государство: теория и практика. – 2022. – № 10 (214). – С. 146–150. EDN: DCRKJN.

27. Гоц Е. В. Вопросы публично-правового регулирования общественных отношений, связанных с внедрением инновационных транспортных средств в России: историко-правовой анализ // Транспортное право. – 2023. – № 4. – С. 7–10. DOI: 10.18572/1812-3937-2023-4-7-10.

28. Землин А. И., Гоц Е. В., Матвеева М. А., Торшин А. А. Противодействие распространению пандемии коронавирусной инфекции COVID-19 в мегаполисах с использованием беспилотных автомобилей: опыт, правовые и организационные аспекты // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2022. – Т. 14. – № 6. – С. 455–483. EDN: VOMTKE.

29. Землин А. И., Матвеева М. А., Гоц Е. В., Торшин А. А. Актуальные проблемы правового регулирования отношений, возникающих в связи с использованием высокавтоматизированных автомобилей. – М.: ООО Изд-во «КноРус», 2022. – 172 с. ISBN 978-5-406-11096-6.

30. Землин А. И. Проблемы обеспечения безопасной эксплуатации высокавтоматизированных транспортных средств с использованием потенциала публичного и частного права // Мир транспорта. – 2023. – Т. 21. – № 2 (105). – С. 54–60. EDN: LUMNTS. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2023-21-2-6>.

31. Землин А. И., Матвеева М. А., Гоц Е. В. Управление рисками безопасного использования высокавтоматизированных транспортных средств в мегаполисе: системно-правовой анализ // Мир транспорта. – 2023. – Т. 21. – № 3 (106). – С. 115–122. EDN: QTZKJMJ. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2023-21-3-11>.

32. Землин А. И., Матвеева М. А., Гоц Е. В. Актуальные проблемы правового обеспечения эксплуатации высокавтоматизированных транспортных средств // Право и государство: теория и практика. – 2023. – № 9 (225). – С. 187–190. EDN: AKNQB.

33. Землин А. И. Концептуальные основы минимизации рисков безопасного использования беспилотных автомобилей в условиях мегаполиса: правовой аспект // Транспортное право. – 2023. – № 4. – С. 2–7. DOI: 10.18572/1812-3937-2023-4-2-7.

#### Информация об авторе:

**Холиков Иван Владимирович** – доктор юридических наук, профессор, ФГНИУ «Институт законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия, iv\_kholik@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 19.12.2023, одобрена после рецензирования 25.01.2024, принята к публикации 27.01.2024.

## АВТОРЕФЕРАТЫ ДИССЕРТАЦИЙ

**Авторефераты диссертаций, представленных  
к защите в российских транспортных  
университетах**

**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/10.30932/1992-3252-2024-22-1-18>

**Осинцев Н. А. Методологические основы  
устойчивого развития логистических цепей  
грузопотоков / Автореф. дис... докт. техн. наук. –  
М.: РУТ, 2023. – 48 с.**

Целью диссертационной работы является разработка методологических основ устойчивого развития логистических цепей грузопотоков с использованием принципов и инструментов «зеленой» логистики для эффективного продвижения грузопотоков при одновременном снижении негативного воздействия на окружающую среду.

Результаты диссертационного исследования использованы при выполнении научно-исследовательских работ по заказу ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат», ПАО «Ураласбест» и ООО «Дельта». Заслушаны на заседании Регионального стратегического комитета, посвященному разработке стратегии социально-экономического развития Челябинской области на период до 2035 года.

Выполнен анализ мирового и отечественного опыта управления транспортными системами и цепями поставок. Выявлено, что рост объемов производства и потребления негативно отражается на состоянии окружающей среды, что привело к увеличению выбросов углекислого газа с 23,1 до 31,5 Гт с 2000 по 2020 гг. Установлена необходимость совершенствования подходов к управлению логистическими цепями грузопотоков для условий РФ, занимающей четвертое место в мире по выбросам  $\text{CO}_2$  и 75 место в мире по индексу эффективности логистики LPI.

Установлено, что сложность управления логистическими цепями грузопотоков заключается: в отсутствии универсальной системы логистических принципов, обеспечивающих формирование баланса между экономической, социальной и экологической устойчивостью ЛЦГ; в разнообразии подходов на содержание «зеленых» решений, что является причиной недостаточной системности их

реализации в практической деятельности; в отсутствии комплексного и системного подхода к оценке всех видов логистических потоков, основанного на учете взаимосвязи между показателями и параметрами потоков с позиции концепции устойчивого развития.

Сформирована новая система принципов «зеленой» логистики на основе синтеза принципов логистики и принципов устойчивого развития. Сформулированные 19 принципов «зеленой» логистики являются основой реализации элементами ЛЦГ их ключевых, базисных или поддерживающих функций для достижения целей устойчивого развития.

Выполнена систематизация методов и инструментов «зеленой» логистики. В основу систематизации положены: факторы устойчивого развития ЛЦГ, а также базисные и поддерживающие функции всех элементов ЛЦГ по достижению целей устойчивого развития. Предлагаемая система методов и инструментов «зеленой» логистики включает 27 методов и 105 инструментов, обеспечивает достижение 13 целей устойчивого развития.

Разработана концепция устойчивого развития логистических цепей грузопотоков. Основу концепции составляет идея формирования баланса между экономической, экологической и социальной устойчивостью ЛЦГ, основанная на использовании принципов, методов и инструментов «зеленой» логистики, многокритериальных методов и моделей принятия решений по управлению параметрами логистических потоков и элементов ЛЦГ.

Предложена оригинальная система показателей и параметров логистических потоков в ЛЦГ, включающая пять групп параметров (экономические, энерго-экологические, качества, статистические и управляемые) и 15 показателей. Особенностью предлагаемой системы является оценка не отдельных элементов ЛЦГ, а комплексная оценка логистических потоков на соответствие аспектам концепции устойчивого развития и эффективности управления ЛЦГ.

Разработана методика определения весовых коэффициентов параметров и показателей логистических потоков в ЛЦГ. Основу методики составляет идея сравнения результатов использования различных многокритериальных методов взвешивания для определения веса показателей логистических потоков с использованием нечеткой (Fuzzy), серой (Grey) и традиционной (Crisp) шкалы оценки. Это позволит выполнять комплексную двухуровневую оценку показателей логистических потоков в ЛЦГ, определять взаимосвязи как между группами параметров, так и между показателями логистических потоков, оценивать силу влияния параметров (показателей) друг на друга и в итоге определять вес каждого параметра (показателя) логистического потока в ЛЦГ.





Предложена система и разработана методика комплексной оценки и ранжирования показателей логистических цепей грузопотоков с использованием метода DEMATEL. Использование методики позволит повысить качество оценки состояния грузопотоков на соответствие ЦУР с целью повышения эффективности управленческих решений по выбору и использованию инструментов «зеленой» логистики.

Разработана многокритериальная модель оценки элементов ЛЦГ при формировании стратегии устойчивого развития ЛЦГ. Модель основана на использовании комбинации многокритериальных методов DEMATEL, BWM-SAW в сочетании с приближенными интервальными числами и STEEP-анализом. Результатом использования модели являются ранжирование управленческих решений (оптимизационных, конструктивных, изменение принципов или изменение системы) для всех элементов ЛЦГ под влиянием STEEP-факторов (социальных, технологических, экономических, экологических и политических).

Разработана комбинированная MCDM-модель ранжирования методов и инструментов «зеленой» логистики в ЛЦГ с учетом их влияния на параметры и показатели ЛЦП и достижения целей устойчивого развития. Ранжирование методов и инструментов «зеленой» логистики основано на комплексном использовании многокритериальных моделей принятия управленческих решений. Результаты использования 14 многокритериальных моделей показали высокую согласованность (ранговый коэффициент Спирмена в среднем составил 0,689–0,919). Наиболее согласованными являются методы WASPAS, MABAC, MARCOS, MAIRCA, SAW и COPRAS. Наименее согласованными являются методы CoCoSo, PROMETHEE, VIKOR и CODAS.

Разработана математическая модель определения оптимальной комбинации инструментов «зеленой» логистики для их применения элементами ЛЦГ с учетом имеющихся материальных, финансовых, информационных ресурсов и ресурсов услуг. Окончательное решение по реализации конкретного инструмента «зеленой» логистики и определение его оптимальных параметров выполняется с использованием разработанной математической модели линейного программирования Грея, позволяющей обеспечить гибкость, надежность и точность оценки в условиях недостатка и неточности информации о моделируемых объектах.

Установлена зависимость повышения эффекта от реализации инструментов «зеленой» логистики от изменения доли запаса логистических ресурсов. Перераспределение доли запасов логистических ресурсов на реализацию инструментов в пределах 7,5–15 % позволяет достигнуть максимального эффекта от реализации инструментов в ЛЦГ.

Предложена методика управления параметрами логистических цепей грузопотоков для достижения целей устойчивого развития, основанная на идентификации параметров и показателей ЛЦГ, построении нечеткой модели взаимосвязи параметров и показателей ЛЦГ, оценке устойчивости ЛЦГ и принятия решений по выбору и реализации инструментов «зеленой» логистики для приведения управляемых параметров логистических потоков в соответствии с требуемыми значениями и целями устойчивого развития.

Представлены примеры реализации инструментов «зеленой» логистики трех типов управленческих решений для транспортных и горнодобывающих предприятий: оптимизационных, конструктивных и изменение принципов работы. Реализация инструментов «зеленой» логистики позволила повысить комплексный показатель устойчивости в среднем с 0,39 до 0,48, экономическую эффективность на 8,69–10,77 %, экологическую эффективность на 7,67–9,42 %, социальную эффективность на 8,47–10,5 %.

Основные положения и результаты диссертационного исследования рекомендуется использовать федеральным и региональным органам власти при разработке стратегических программ формирования и развития логистических транспортных систем; руководителям транспортных предприятий для оценки эффективности решений по реализации мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия транспорта на окружающую среду; потенциальным инвесторам при выборе вариантов проектов создания логистической инфраструктуры на основе прогнозов параметров грузопотоков.

Перспективой дальнейшей разработки темы диссертации является формирование системы управления логистическими потоками на основе комбинирования многокритериальных методов с имитационным моделированием. Это позволит оценивать эффективность решений по устойчивому развитию ЛЦГ, прогнозировать изменение параметров и показателей логистических потоков и принимать решения с учетом данных изменений.

#### 2.9.9. – Логистические транспортные системы.

Работа выполнена в Магнитогорском государственном техническом университете им. Г. И. Носова, защищена в Российском университете транспорта.

**Петряев А. В. Механическая стабилизация грунтов подшпального основания геосинтетическими материалами / Автoref. дис... докт. техн. наук. – СПб.: ПГУПС, 2023. – 32 с.**

Цель работы – совершенствование конструкции железнодорожного пути за счет механиче-

ской стабилизации грунтов подшпального основания геосинтетическими материалами.

В диссертации решена научная проблема, имеющая важное хозяйственное значение, заключающаяся в совершенствовании конструкции пути для обеспечения надежности подшпального основания при повышенной вибродинамической нагрузке от проходящих поездов. Изложены новые научно обоснованные технические решения в области стабилизации подшпального основания железнодорожного пути геосинтетическими материалами.

На основе комплексных многолетних полевых исследований, выполненных на грузонапряженных и скоростных участках железнодорожного пути, выявлены особенности распространения амплитуд вибросмещения частиц грунта и напряженно-деформированного состояния грунтов подшпального основания железнодорожного пути при их механической стабилизации геосинтетическими материалами.

Широкий комплекс натурных исследований позволил выявить прямо пропорциональные зависимости изменения амплитуд колебаний, динамических напряжений и деформаций от осевой и погонной нагрузки, а также скорости движения поездов при стабилизации подшпального основания геосинтетическими материалами. Укладка георешеток под балласт приводит к снижению горизонтальных напряжений в подрельсовой зоне и более равномерному их распределению по основной площадке земляного полотна.

Впервые качественно и количественно установлено влияние геосинтетического материала на изменение прочностных и деформационных характеристик стабилизированных массивов. Установлено, что деформационные свойства балласта напрямую зависят от величины напряжений, возникающих на уровне укладки геосинтетического материала и его жесткости. Проведенные исследования поведения балласта в условиях трехосного сжатия показали эффективность применения георешетки для его стабилизации.

В результате экспериментальных и теоретических исследований выявлен механизм стабилизации подшпального основания геосинтетическими материалами, заключающийся в поперечном ограничении подвижности зерен грунта. Действие механизма механической стабилизации зависит от уровня деформации. Установлено, что укладка в балласт геосинтетического материала снижает его загрязнение мелкими частицами, образующимися в процессе деформации щебня.

Разработан метод расчета прочности и напряженно-деформируемого состояния подшпального основания, стабилизированного геосинтетиче-

скими материалами, с учетом снижения прочностных и деформационных характеристик грунтов под воздействием вибродинамической нагрузки и ее затухания в грунтах подшпального основания. Выполненные расчеты по разработанной комплексной методике хорошо согласуются с данными лабораторных и полевых исследований.

В результате расчетов по разработанной методике установлено, что в период оттаивания происходит концентрация значительных сдвиговых деформаций на основной площадке земляного полотна в подрельсовом сечении, что служит причиной деформирования земляного полотна, наблюдаемого в эксплуатационных условиях. При механической стабилизации подшпального основания концентрация сдвиговых деформаций локализуется в зоне укладки геосинтетического материала, а в подрельсовом сечении на основной площадке снижается.

Анализ данных натурных исследований и численного моделирования, проведенного на основе разработанной комплексной методики, позволил предложить новые научно обоснованные подходы к разработке эффективных конструктивных решений снижения деформативности подшпального основания при его стабилизации геосинтетическими материалами. Установлена рациональная глубина укладки геосинтетического материала для эффективного снижения вибродинамического воздействия от проходящих поездов. Техническая и экономическая эффективность разработанных на основе проведенных исследований практических решений подтверждена при их внедрении на Московской, Дальневосточной, Свердловской и Октябрьской дирекциях инфраструктуры – филиалах ОАО «РЖД», в организациях, разрабатывающих мероприятия по стабилизации подшпального основания железнодорожного пути.

Предложенное направление механической стабилизации грунтов представляет собой одно из перспективных решений в области создания конструкций искусственных оснований. Благодаря включению в грунт геосинтетических материалов можно целенаправленно изменять его прочностные и деформационные характеристики, а также снижать неравномерность осадок пути, изменяя жесткость основания. Выбор рационального типа стабилизации с технологической, экономической и расчетной точек зрения зависит от условий эксплуатации железнодорожного пути, физико-механических свойств балласта и грунтов земляного полотна.

#### 2.9.2 – Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог.

Работа выполнена и защищена в Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I.





## НОВЫЕ КНИГИ О ТРАНСПОРТЕ

*Список на английском языке публикуется во второй части данного выпуска*

*The list of titles is published in English in the second part of the issue*

Аносов В. Н., Попов Н. С., Домахин Е. А., Вильбергер М. Е. Повышение энергетической эффективности системы тягового электропривода безрельсового транспортного средства: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2023. – 122 с. ISBN 978-5-7782-5089-5.

Будович Л. С., Старцева Ю. В., Якушина Т. В. Экономика инноваций и инновационные бизнес-модели: Учеб.-метод. пособие. – Стерлитамак: АМИ, 2023. – 133 с. ISBN 978-5-907702-14-1.

Вакуленко С. П., Куликова Е. Б., Мадяр О. Н. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте: Учебник. – М.: УМЦ по образованию на ж. д. транспорте, 2023. – 118 с. ISBN 978-5-907479-63-0.

Васильев Я. В., Евтиков С. А., Терентьев А. В. Организация грузовых перевозок в сложных транспортных системах: учебно-методические комплексы: информационные ресурсы дисциплины: Учеб. пособие. – СПб.: Петрополис, 2023. – 283 с. ISBN 978-5-9676-1497-2.

Воробей Н. Ю., Тележенко Т. А. Техническая эксплуатация устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики: Учеб. пособие. – СПб.: ПГУПС, 2023. – 48 с. ISBN 978-5-7641-1869-7.

Герасименко А. А., Федин В. Т. Электрические системы и сети: Учеб. пособие. – Р-н-Д: Феникс, 2023. – 473 с. ISBN 978-5-222-38621-7.

Добродеев А. А. Физическое моделирование объектов океанотехники: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2023. – 124 с. ISBN 978-5-88303-673-5.

Ермилова М. И., Грызунова Н. В., Косов М. Е., Церпциел Ю. С. Финансовый менеджмент: Учебник. – М.: ЮНИТИ, 2023. – 255 с. ISBN 978-5-238-03679-3.

Каширина А. М. Управление информационными ресурсами и контентом: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2023. – 69 с. ISBN 978-5-7782-4858-8.

Козин Е. С. Технологические процессы технического обслуживания и ремонта автомобилей: Учебник. – М.: Академия, 2023. – 185 с. ISBN 978-5-0054-0438-1.

Косенко С. А., Акимов С. С. Устройство, ремонт и содержание железнодорожного пути: [строительство железнодорожных дорог, мостов и транспортных тоннелей]: Учеб. пособие. – М.: УМЦ по образованию на ж. д. транспорте, 2023. – 179 с. ISBN 978-5-907479-77-7.

Кузовкова Т. А., Шаравова О. И. Основы цифровой экономики: Учеб. пособие. – 2-е изд.,

испр. и доп. – М.: Ай Пи Ар Медиа, 2023. – 147 с. ISBN 978-5-4497-1556-2.

Кулев А. В., Кулев М. В. Теория транспортных процессов и систем: грузовые и пассажирские перевозки: учебное пособие. – Орёл: ОГУ им. И. С. Тургенева, 2023. – 155 с. ISBN 978-5-9929-1344-6.

Левин Д. Ю. Управление поездообразованием на железных дорогах: Учеб. пособие. – М.: УМЦ по образованию на ж. д. транспорте, 2023. – 350 с. ISBN 978-5-907479-83-8.

Михальчук Н. Л., Кириллов А. А. Техническая диагностика тягового подвижного состава: Учеб. пособие. – М.: РУТ (МИИТ): РОАТ, 2023. – 121 с. ISBN 978-5-94976-096-3.

Никифоров Б. В., Радаев А. В., Романовский В. В. Судовые аккумуляторы: Учеб. пособие. – СПб: Изд-во ГУМРФ, 2023. – 242 с. ISBN 978-5-9509-0521-6.

Новичков С. В., Лубков В. И. Основы производства ремонта тепломеханического оборудования ТЭС: Учеб. пособие. – М.: Ай Пи Ар Медиа, 2023. – 398 с. ISBN 978-5-4497-1810-5.

Рукина А. М. Технология перевозочного процесса на железнодорожном транспорте: Учеб. пособие. – М.: УМЦ по образованию на ж. д. транспорте, 2023. – 268 с. ISBN 978-5-907479-94-4.

Смирнов В. Н. Строительство мостовых сооружений: Учеб. пособие. – М.: УМЦ по образованию на ж. д. транспорте, 2023. – 453 с. ISBN 978-5-907479-70-8.

Суворин А. В. Монтаж и эксплуатация электрооборудования систем электроснабжения: Учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М; Красноярск: СФУ, 2023. – 399 с. ISBN 978-5-16-018081-6.

Супранов В. М., Маслов Р. С., Плещанов К. А. Поверхности нагрева паровых котлов: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МЭИ, 2023. – 82 с. ISBN 978-5-7046-2742-5.

Сухов В. Д., Киселев А. А., Сазонов А. И. Инвестиционный анализ: теория и практика: Учебник. – 2-е изд., испр. – М.: Ай Пи Ар Медиа, 2023. – 233 с. ISBN 978-5-4497-1460-2.

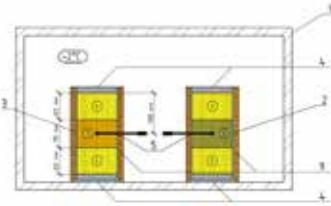
Съянов С. Ю. Теория линейных систем автоматического управления: Учеб. пособие. – М.: Ай Пи Ар Медиа, 2023. – 173 с. ISBN 978-5-4497-1884-6.

Хвостова М. С., Курочкин Д. С., Кондратьева О. Е., Локтионов О. А. Инновационные технологии в техносферной безопасности: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МЭИ, 2023. – 59 с. ISBN 978-5-7046-2765-4.

Шлющенков А. П., Жиров П. Д., Бондаренко Д. А. Сопротивление многоцикловой усталости подвижного состава железных дорог: Учеб. пособие. – Курск: Университетская книга, 2023. – 186 с. ISBN 978-5-907776-61-6.

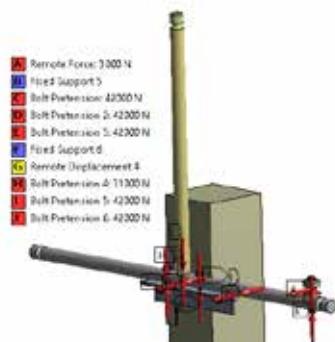
Эсaulova И. А. Развитие персонала: Учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Пермского нац. исследовательского политехнического ун-та, 2023. – 173 с. ISBN 978-5-398-02856-0.

Составила Н. Олейник ●



### INFRASTRUCTURE 152

*Stabilisation of subgrade in permafrost areas by injection: new approaches.*



### POWER SUPPLY 163

*Composite traverse: comparison of options to better assess its dependability.*

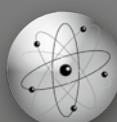
### LOCOMOTIVES 170, 176

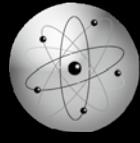
*Hybrid power plant can be considered as a tool to increase diesel locomotive performance. But to what extent? Dynamics of locomotive wheelsets: new approaches, applicability of laws of mechanics and responses to always relevant questions.*



### ROLLING STOCK 182

*How to better locate and position wheelset for measuring before and after maintenance: ongoing development of devices and systems.*





# Stabilisation of the Track's Subgrade Foundation by Injection in the Case of Degradation of Permafrost Soils



Denis A. RAZUVAEV



Roman S. PECHENKIN

Denis A. Razuvaev <sup>1</sup>,  
Roman S. Pechenkin <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia.

<sup>1</sup> ORCID 0000-0003-0850-3414; Scopus Author ID: 57204687242; Russian Science Citation Index SPIN-code: 3250-0657; Russian Science Citation Index Author ID: 726831.

✉ <sup>1</sup> razdenis@mail.ru.

## ABSTRACT

The location of the railway infrastructure on permafrost increases risks of emergence of defects and deformation of the subgrade. In Russia permafrost occupies approximately 65 % of the country's area. Consequently, defectiveness of subgrade in the Eastern part of railway network of Russia exceeds the network's average.

The objective of the study was the increase in the efficiency of stabilisation of track subgrade's foundation with injection method under the conditions of degradation of permafrost soils.

An improved algorithm for designing pressure injection of cement-soil grout, implementing an integrated approach, is proposed for railway subgrade operated under conditions of

degradation of permafrost soils and formation of soft soils in foundations.

A laboratory experiment was set up and carried out to determine the amount of heat released by injected grout of various composition due to the exothermic reaction of hardening of cement, that allowed determining a linear dependence of the specific heat release of injection grout on the cement content.

A new calculation scheme with an equivalent layer of grout in the stabilisation area has been proposed to predict the amount of thawing of permafrost foundation soils when injecting materials with a cement binder, and an analytical solution to the problem under consideration has been proposed for preliminary calculations.

**Keywords:** railway, subgrade, soils of subgrade's foundation, permafrost soils, degradation of permafrost soils, talik zone, soft soils, injection into soil, cement-soil grout, heat release of grout.

**Acknowledgements:** the work was carried out with the financial support of a grant from JSC Russian Railways under Agreement No. 5106471 dated December 28, 2022, provided for development of scientific and pedagogical schools in the field of railway transport.

**For citation:** Razuvaev, D. A., Pechenkin, R. S. Stabilisation of the Track's Subgrade Foundation by Injection in the Case of Degradation of Permafrost Soils. World of Transport and Transportation, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 152–162. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-1>.

**The original text of the article 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 Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast up to 2035<sup>1</sup> provides for retrofitting of the infrastructure of Baikal-Amur and Trans-Siberian mainlines followed by increase in their transit and carrying capacity. In this regard, dependability and safety of the railway track, including the subgrade, are the main indicators that require special attention.

However, today the greatest risks that the Eastern segment of the Russian railway network is exposed to refer to the length of defective subgrade or subgrade being deformed. This is due to the location of a significant part of the railway infrastructure Eastern segment of the Russian railway network on foundations consisting of permafrost soils [1–3]. A change in the water-thermal regime of the subgrade–subgrade's foundation<sup>2</sup> system being operated under such complex natural, climatic, engineering and geological conditions causes degradation of permafrost soils (permafrost) with formation of talik zones with low bearing capacity in the subgrade's foundations [3–5].

Similar problems are observed in several other countries, such as China [6; 7] and Canada<sup>3</sup>, with similar natural and climatic conditions and presence of permafrost in the natural foundation bed of engineering structures.

This requires development and implementation of new effective solutions for stabilisation of track subgrade's foundations. One of the possible effective ways to increase the physical and mechanical characteristics of soft soils in talik zones is the method of pressure injection of soil-cement grout, which has proven itself in stabilising weak foundations [8; 10; 11].

At the same time, it is worth noting the disadvantages of the pressure injection method, if it is used to stabilise thawed soils in subgrade's foundation. First, it refers to disruption of heat exchange [10; 11] in the subgrade's foundation

<sup>1</sup> The Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast up to 2035 as approved by the Order of the Government of the Russian Federation dated 27.11.2021 № 3363-р [Electronic resource]: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZIOOpQhL0nUT91RjCbeR.pdf>.

<sup>2</sup> Subgrade's foundation in the context of the paper and considering differences in terminology used in research works means natural ground or subsoil underlaying track foundation, embankment, formation, including subgrade. – *Ed. note for English translation.*

<sup>3</sup> UCalgary researcher heads up major federal permafrost study in Manitoba [Electronic resource]: <https://schulich.ucalgary.ca/news/ucalgary-researcher-heads-major-federal-permafrost-study-manitoba>. Last accessed 08.02.2024.

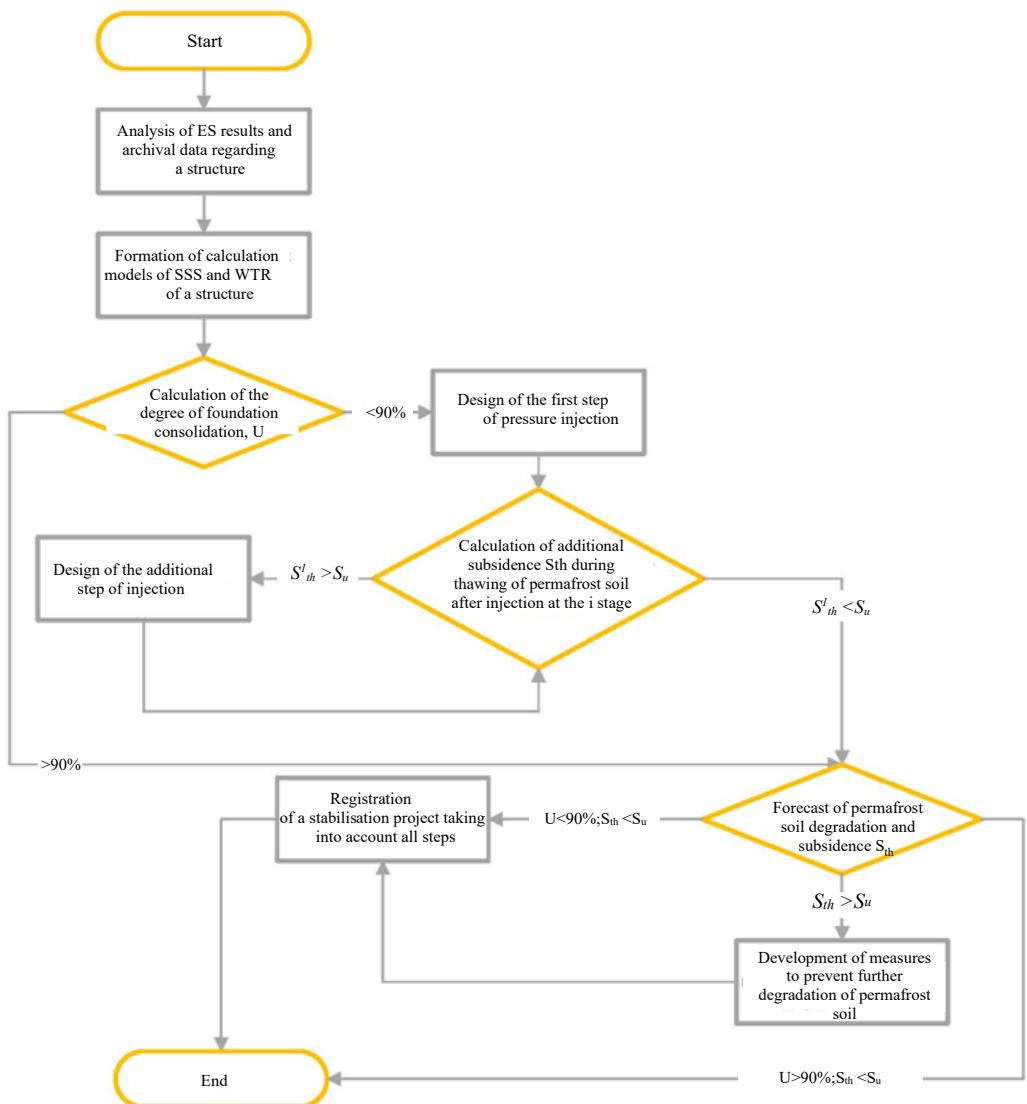
during the period of injection and hardening of the cement-soil grout due to its own heat and to exothermic processes within the cement binder<sup>4</sup>. These processes lead to further thawing of permafrost soils, and formation of a layer of soft tabetisol directly under the consolidated massif. Second, consolidation of the subgrade's foundation using the pressure injection method has virtually no effect on the water-thermal regime of the subgrade – subgrade's foundation system and the conditions for heat exchange between the structure and the atmosphere during the period of further operation. Under the conditions in which the position of the permafrost boundary has not stabilised, further degradation of permafrost soils is possible, also leading to formation of soft soils under the stabilised massif and to ground subsidence.

To eliminate the negative consequences of thawing of permafrost soils during the injection process, an algorithm for designing iterative injection was proposed in [10]. According to the proposed algorithm, injection is designed using standard technology, but in several steps (iterations). With each subsequent iteration, a significantly smaller amount of grout is used, and the thawing effect is significantly reduced. The design of stabilisation is completed at the injection iteration with which the thawing effect does not cause ground subsidence at the subgrade's foundation in excess of permissible values. However, the design algorithm proposed by the authors in [10] is applicable only under conditions of stabilisation of the position of the permafrost soil boundary within the subgrade's foundation, which sharply limits the scope of its application.

Therefore, the *objective* of the study is to increase the efficiency of stabilisation of the railway track's subgrade's foundation with the injection method during degradation of permafrost soils. The paper offers proposals for improving the method of designing pressure injection of cement-soil grout for subgrade's foundations with permafrost soil, exposes the results of a laboratory experiment to determine the amount of heat released by injection grout, and also proposes to discuss the calculation scheme and method for predicting the rate of thawing of permafrost subgrade's foundation when using injection.

<sup>4</sup> Guidelines for concreting foundations and lines of communication in permafrost soils, taking into account concrete hardening at low temperature. Stroyizdat publ., NIIZhB of Gosstroy of the USSR, 1982., 160 p.





*Pic. 1. Improved algorithm for designing pressure injection of cement-soil grout for foundations with permafrost soil [developed by the authors]: ES – engineering surveys; SSS – stress-strain state; WTR – water-thermal regime;  $S_u$  – permissible subsidence of the subgrade's foundation;  $S_{th}$  – foundation subsidence due to changes in the total WTR at the construction site.*

## RESULTS

### Improving the Method of Designing Pressure Injection

To adapt the method to real, widespread operating conditions of the railway track (the position of the permafrost soil boundary has not been stabilised), it is proposed to approach the design of pressure injection of cement-soil grout into permafrost subgrade's foundations in a comprehensive manner. That is, to provide and carry out calculation rationale for a set of measures aimed at increasing the bearing capacity of soils in talik zones, as well as at stabilising the position of the boundary of permafrost within subgrade's foundation.

An improved algorithm for designing pressure injection of cement-soil grout for subgrade's foundations with permafrost soil, implementing an integrated approach, is shown in Pic. 1.

According to the proposed algorithm, the decision to increase the physical and mechanical characteristics (stabilisation) of soils in talik zones is made based on the condition of completing the filtration consolidation of the foundation, and the decision to stabilise the position of the permafrost soil boundary in the foundation is made based on the condition of not exceeding the limit values of track subsidence arising from degradation.

Based on these conditions, the calculation can result in obtaining one of the following four solutions:

- Stabilisation on the site is not required.
- Stabilisation of soft soils in talik zones is required without stabilising the position of the permafrost soil.
- Stabilisation of the position of the permafrost soil boundary is required without improving the characteristics of soils in talik zones.
- A comprehensive solution is required to stabilise soils in talik zones and the position of the permafrost soil boundary.

To stabilise soft soils, it is recommended to proceed with several steps of pressure injection of cement-soil grout [10], whilst to stabilise the position of the permafrost soil boundary, it is recommended to select one of the effective measures for thermal stabilisation [6; 12–16]. After all the assigned measures have been implemented, mechanised track straightening is envisaged.

The pressure injection provided by the algorithm is carried out through vertical and inclined injectors from the subgrade's slopes, and in the case of two or more tracks, additionally from the inter-track space beyond track clearance [8; 9; 17]. This arrangement of injectors allows work to be performed with imposing minimal restraints on train movement, and in some cases, without constraints [17]. All work must be carried out between passage of trains in accordance with the current rules for technical operation of the track.

During the process of injection and further operation of the subgrade with some thermal stabilisation, the temperature field of the subgrade – subgrade's foundation system is monitored. Monitoring is carried out using thermometric wells made before the work is carried out. Wells are installed in accordance with current regulatory requirements for measuring transverse profiles from the roadsides, at the bottom of the subgrade, between tracks (if necessary), and in the right-of-way (control wells). The distance between the measuring transverse profiles is assigned during design and depends on the length of the injected section of the subgrade's foundation and its engineering and geological features. Control of the bearing capacity of the subgrade's foundation is carried out using static or dynamic probing methods using mobile installations [9; 17].

The comprehensive solution proposed in the design algorithm (Pic. 1) allows not only to solve the problem of soft soils in talik zones, but also to stabilise the position of the permafrost soil boundary. The positive technical effect of using this solution, in contrast to classical methods of thermal stabilisation, is a significant acceleration of the stabilisation process with obtaining results in a fairly short time; the economic effect is a significant reduction in the number and/or power, and, accordingly, in the cost of thermal stabilisation devices.

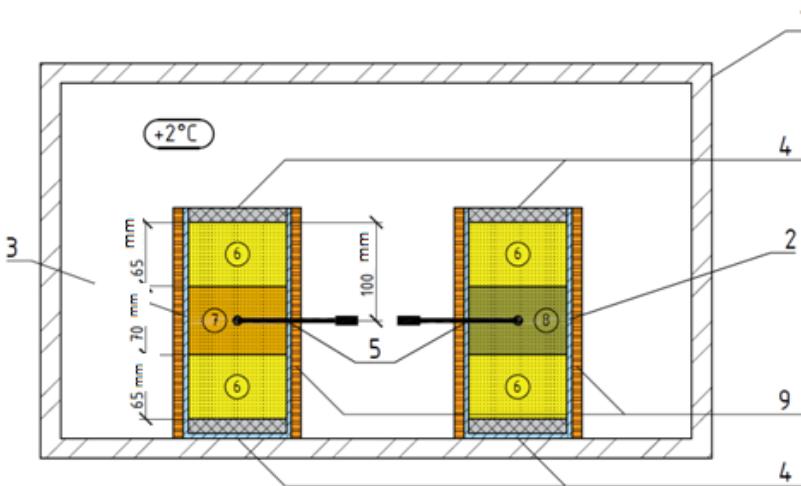
## Setting Up, Conducting of a Laboratory Experiment and its Results

To further develop the computational and theoretical apparatus of the above-mentioned improved method for designing the stabilisation of subgrade's foundations with permafrost soils, a laboratory experiment was set up and carried out to determine the volume of heat released by injected grout of various composition due to the heat of hardening of cement.

The use of the known dependences<sup>4</sup> of the heat release of Portland cement or grouts or mortars (concrete) based on it [18] for the problem being solved is not possible for a number of reasons. First, injection cement-soil grouts have a significant difference [17] from general construction mortars and concrete, both in terms of the water-cement ratio and in terms of composition, since varying ratios of clay and sandy soils are usually used as the main structural filler. Second, the existing dependencies, as a rule, were obtained for normal temperature and humidity conditions corresponding to the conditions of hardening of concrete and mortars in building structures. The hardening conditions of injection grout, especially when used in subgrade's foundation thawed soils with close occurrence of permafrost soil, differ significantly from normal ones, and obviously affect heat generation due to the exothermic reaction of hardening of cement.

The analysis of existing methods and approaches to determining the heat release of cement during hardening showed that such studies mainly use calorimeters with adiabatic or isothermal hardening modes. The adiabatic mode when determining the heat release of concrete during hardening is provided for by both domestic (GOST [State Standard] 24316) and international (EN 12390–15:2019, NEQ) regulatory documents. Isothermal calorimeters





**Pic. 2. Calorimeter for determining the amount of heat release of injection grouts using «soil – grout – soil» models [developed by the authors]:**  
1 – body of the thermostatic chamber; 2 – mold for the tested model sample; 3 – mold for the alternative model sample; 4 – cooling plates with thermoelectric modules and temperature sensors; 5 – temperature sensors; 6 – soil part of the model sample; 7 – soil grout in the alternative model sample; 8 – cement-soil grout in the tested model sample; 9 – external thermal insulation of molds with model samples.

are usually used to determine heat release during hardening of cements<sup>5</sup> (GOST 310.5; BS EN 196–11:2018), or to study model concrete mortars [18].

The adiabatic mode implies the absence of heat exchange between the system under the study and the surrounding environment with a natural increase in the temperature of the tested sample. Isothermal mode involves testing in a thermostated chamber, in which the heat generated by the sample dissipates quickly enough and its temperature remains constant. In this case, the heat release is determined by the difference between the heat release of the samples under the study and the samples selected for comparison [hereinafter called alternative models]. The main disadvantage of the adiabatic mode is considered to be a continuous and significant increase in the temperature of the samples (higher than under real conditions of construction sites), which leads to self-acceleration of the heat release process [18]. Isothermal calorimeters maintain a given hardening temperature that corresponds to real conditions, however, there are restraints on the size of the tested samples, so studies are carried

out on finely dispersed solutions or models of concrete mix ratios [18; 19].

As noted earlier, the hardening conditions of injection grout when used in subgrade's foundation thawed soils with close occurrence of permafrost soil differ significantly from the conditions in building structures, therefore the use of the above-described modes for studying heat release processes is not possible. Under the conditions under consideration, cement-soil injection grout will harden in the soil mass at fairly low temperatures. Besides, the temperature of the injection grout during hardening under such conditions will decrease. This is due to its heat exchange within the subgrade's foundation with a large volume of cooled (0...+4 °C), water-saturated clay soils with a fairly high heat capacity. Such conditions are not simulated in either an adiabatic or an isothermal calorimeter.

Therefore, a calorimeter was designed based on the hardware and software of the GT 1.1.12 NPP Geotek device to perform the experiment on «soil – grout – soil» models under conditions close to those described above.

The experiment (Pic. 2) consisted of cooling with a fixed heat flow of constant power of thermostated «soil – grout – soil» models (samples) and an alternative model. The alternative model used grout (7, Pic. 2) without adding cement. The calorimeter elements and the soil part (6) in the models were thermostatically brought to a setpoint temperature of +2 °C (indicative temperature

<sup>5</sup> E.g.: An experimental comparison between isothermal calorimetry, semi-adiabatic calorimetry and solution calorimetry for the study of cement hydration (NT TR 522) [Electronic resource]: <https://www.nordtest.info/wp/2003/03/28/an-experimental-comparison-between-isothermal-calorimetry-semi-adiabatic-calorimetry-and-solution-calorimetry-for-the-study-of-cement-hydration-nt-tr-522>. Last accessed 08.02.2024.

**Table 1**  
**Compositions of the tested injection grouts**

№ of the composition sample	Material consumption for preparing 1 litre of grout, g		
	Cement (CEM I 42,5N)	Soil*: Sandy loam with $I_p=5$	Water
1	300	1650	180
2	350	1600	220
3	400	1550	260
4	450	1500	270
5	500	1450	360

\* soil used in injection practices, providing a ratio of clay and sand particles close to optimal [17].

of thawed soils of subgrade's foundation); while grouts (7, 8, Pic. 2) were thermostatically brought to a setpoint temperature of +24 °C (temperature for preparing injection grouts at the site during the warm season). Based on the ratio of the cooling time of the tested models and the alternative model to the setpoint temperature of +2 °C, the specific heat release of injection grouts of various composition was subsequently calculated due to the exothermic reaction during cement hydration process. To cool the models, thermostated cooling (+2 °C) plates (4, Pic. 2) with thermoelectric modules and temperature sensors were installed at their ends.

The time of the experiment was limited by the time of cooling of the model samples to +2 °C according to data from temperature sensors (5, Pic. 2), but not less than 3 days. Temperature from sensors was recorded at intervals of no more than 5 minutes. With further hardening of the grout under real conditions (more than 3–7 days), heat generation continues, but in a much smaller amount, which can be neglected in engineering calculations.

The tested and alternative models were reduced to an equal model heat capacity  $C_{mod}$ . This was achieved by changing the mass of the soil grout ( $m_s + m_{ws}$ ) in the alternative model samples until the following condition was met:

$$c_s m_{sc} + c_w m_{wc} + c_c m_c = c_s m_s + c_w m_{ws} \quad (1)$$

where  $c_s$  – specific heat capacity of dry soil in grout, J/(kg·K);

$c_w$  – specific heat capacity of water in grout, assumed to be 4190 J/(kg·K);

$c_c$  – specific heat capacity of cement in cement-soil grout, assumed to be 800 J/(kg·K);

$m_{sc}$  – mass of soil in the cement-soil grout of the tested model, kg;

$m_{wc}$  – mass of water in the cement-soil grout of the tested model, kg;

$m_c$  – mass of cement in the cement-soil grout of the tested model, kg;

$m_s$  – mass of soil in the soil grout of the alternative model, kg;

$m_{ws}$  – mass of water in the soil grout of the alternative model, kg.

When changing the mass of the soil grout in the alternative model according to (1), the proportion  $\frac{m_s}{m_{ws}} = \frac{m_{sc}}{m_{wc}}$  was obligatorily maintained.

The experiment's initial stage involved preparation of a cement-soil grout (8, Pic. 2) for the tested model samples and a soil grout (7, Pic. 2) for the alternative model samples. All materials for the grouts had been preliminarily thermostated to setpoint temperature of +24 °C, and the soil had been dried. The compositions of the tested cement-soil grouts are given in Table 1; the compositions of soil grouts for alternative models were selected according to the method described above.

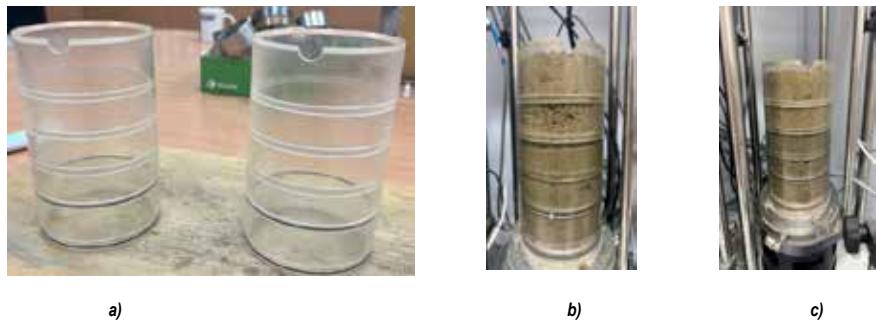
Immediately after preparing the grout, the tested and alternative model samples were prepared in molds (2, Pic. 2) and (3, Pic. 2) preliminarily thermostated to setpoint temperature of +2 °C (Pic. 3). Sandy loam of plastic consistency, water-saturated and thermostated to setpoint temperature of +2 °C, was used as the soil component of the model sample (6, Pic. 2).

In the process of conducting (Pic. 4) a laboratory experiment (cooling of thermostated «soil – grout – soil» model samples), graphs of temperature changes were plotted in the middle of the experimental models. The experiment was completed with stable thermostatic control of the system and model samples at +2 °C, maintaining this state for at least a day (the total time of the experiment was at least 3 days). The cooling times of the tested model samples  $t_1$  and alternative models  $t_2$ , respectively, were recorded based on the resulting graphs.

It is known that the heat flow power is determined by the formula

$$N = Q/t, \quad (2)$$





*Pic. 3. Experimental model samples making [developed by the authors]:  
a) the molds to be used in the calorimeter; b) alternative model sample with soil grout;  
c) tested model sample with cement-soil grout.*

where  $Q$  is the amount of heat transferred to the system, J;  $t$  – time, sec.

Considering that the plates with thermoelectric modules (4, Pic. 2) cooled the tested model samples (with cement) and the alternative model sample (without cement) with the same power, but for different times,  $t_1$  and  $t_2$ , respectively, and assuming that due to the presence thermal insulation, the plates cooled only the model samples without consuming power for remaining elements of the system, the expression can be deemed correct:

$$\frac{Q_{mod}}{t_2} = \frac{Q_{mod} + Q_c}{t_1}, \quad (3)$$

where  $Q_{mod}$  is the amount of heat transferred from the plates (4, Pic. 2), for cooling (thermostating to +2°C) model samples of equal heat capacity, J;

$Q_c$  is the amount of heat transferred from the plates (4, Pic. 2), to compensate for the heat release of cement during hardening in the tested model, J.

$$\text{Then, } Q_c = Q_{mod} \cdot \left( \frac{t_1}{t_2} - 1 \right). \quad (4)$$

Considering that the final temperature value of the previously thermostated soil component of the model sample did not change, and the entire amount of heat  $Q_{mod}$  compensated for cooling of the soil grout in the model samples, then, taking into account equation (1):

$$Q_c = (c_s \cdot m_s + c_w \cdot m_{ws}) \cdot \Delta T \cdot \left( \frac{t_1}{t_2} - 1 \right), \quad (5)$$

where  $\Delta T$  is the change in the temperature of the soil grout in the model, K.

The specific heat release of injection grouts due to the hydration of cement during hardening, in kJ per litre of material, is calculated as:

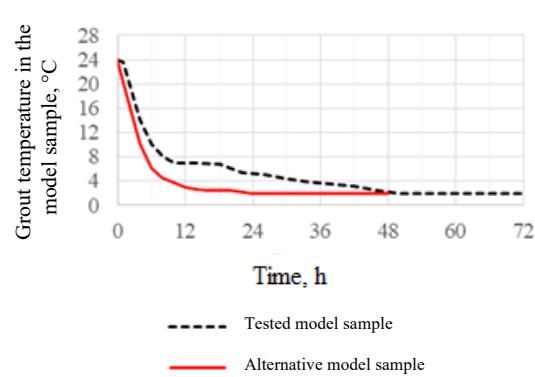
$$q_c = 0,001 \cdot \frac{Q_c}{V_{is}}, \quad (6)$$

where  $V_{is}$  is the volume of the grout in the model samples, assumed to be 0,5495 l.

For each of the studied compositions (Table 1), a series of three laboratory experiments was performed, the results of which revealed the

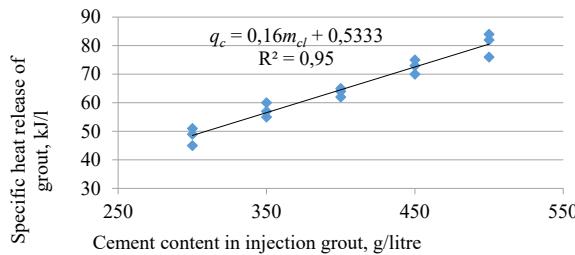


a)



b)

*Pic. 4. Conducting a laboratory experiment [developed by the authors]:  
a) general view of the installation; b) an example of a temperature graph in the middle of the tested model sample for composition No. 3 and for alternative model sample, respectively, over time.*



**Pic. 5. Dependence of the specific heat release of injection grouts on the cement content when injecting soft soils in talik zones [developed by the authors].**

dependence of the specific heat release of injection grouts  $q_c$  on the cement content  $m_{cl}$  (in the interval from 300 to 500 g/l), shown in Pic. 5.

## RESULTS AND DISCUSSION

The identified dependence (Pic. 5) can be approximated by a linear function:

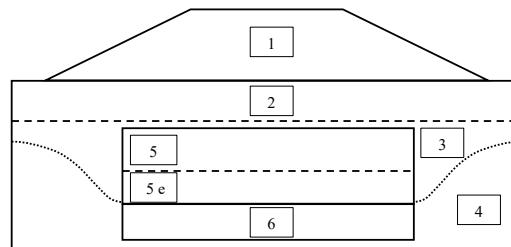
$$q_c = 0,16m_{cl} + 0,5333, \quad (7)$$

which is further proposed to be used to predict the rates of heat released by injection grouts of various composition due to the exothermic reaction of hardening of cement when designing pressure injection of cement-soil grouts into the talik zones of subgrade's foundations containing permafrost soils. This dependence considers both the hardening conditions of injection grouts under the conditions under consideration and the features of their composition. For other injection conditions that differ significantly from those considered in the work, it is recommended to directly determine the specific heat release of the injection grout using the method described above.

Also, a calculation scheme with an equivalent layer is proposed for discussion (Pic. 6) to predict the permafrost soils thawing rate value  $h_{thi}$  in subgrade's foundations when injecting cement grouts. The outline of the railway embankment (1, Pic. 6) on the design diagram, as well as the

boundaries between consolidated (2, Pic. 6), unconsolidated (3, Pic. 6), and permafrost (4, Pic. 6) soils of subgrade's foundation, and as a result, the shape of the talik zone is taken based on the results of engineering surveys at a specific site.

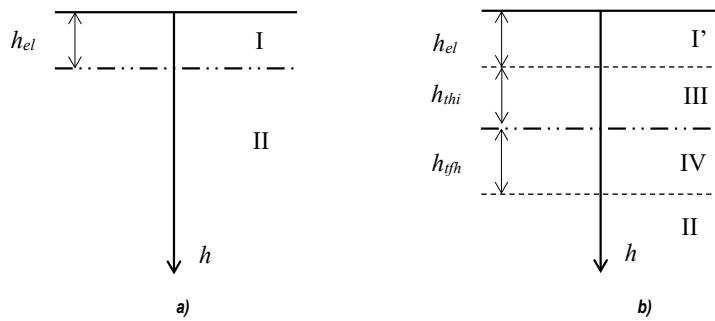
The zone of injection stabilisation of subgrade's foundations (5, Pic. 6) is assigned based on the results of the stress-stain state assessment, considering the actual structure and composition of the soils composing it. Based on the results of calculations of the bearing capacity and subsidence of the subgrade's foundation, the width and thickness  $h_{sl}$  of the zone to be stabilised are assigned. To ensure the required physical and mechanical characteristics of the stabilised subgrade's foundation, the weighted average coefficient of reinforcement of the zone of stabilisation with grout  $k_g$  is selected, considering the number of engineering geological elements in this zone and their relative volume. In practices [17], the grout in the zone of stabilisation spreads chaotically, in the form of arrays, pillars and interlayers, bands, which complicates thermal engineering calculations. Therefore, to determine the rate of permafrost soil thawing within subgrade's foundation  $h_{thi}$  during injection, it is proposed to use a calculation scheme (Pic. 6) with an equivalent layer of solution 5 e of the



**Pic. 6. Calculation scheme for predicting the rate of thawing of permafrost soil within the subgrade's foundation when injecting cement-soil grouts [developed by the authors]:**

1 – railway embankment; 2 – consolidated clayey soils within subgrade's foundation; 3 – unconsolidated clayey soils within subgrade's foundation; 4 – permafrost soils within subgrade's foundation; 5 – zone of stabilisation of soils of subgrade's foundation by injection of cement-soil grouts; 5 e – equivalent layer of grout in the stabilisation zone; 6 – zone of thawing (degradation) of permafrost soil due to heat release of the injection grout.





**Pic. 7. Feature zones during thermal interaction of cement-soil grouts and permafrost soil during injection [developed by the authors]: a) before injection; b) after injection.**

thickness  $h_{el}$  in the lower part of the stabilisation zone (at the top of the permafrost soil).

This approach does not either introduce significant errors into thermal engineering calculations, but also corresponds to the real conditions of pressure injection, when the grout spreads into the zones of the least consolidated soils of subgrade's foundation. Wherein:

$$h_{el} = k_a \cdot h_{sr} \quad (8)$$

The thickness of the zone  $h_{thi}$  of thawing of permafrost soils of subgrade's foundation (6, Pic. 6) is recommended to be determined using specialised software packages with assignment of an internal heat source in the form of an equivalent layer in accordance with the proposed calculation scheme. The amount of total heat release should be determined depending on the initial temperature and composition of the injection grouts, as well as the specific heat release  $q_c$ , determined from test results or dependence (7) when injecting similar materials and under conditions similar to those considered in the work. Based on the results of calculating the thickness of the thawing zone, in accordance with the pressure injection design algorithm (Pic. 1), it is possible to evaluate the additional subsidence of the foundation  $S_{thi}$  during the

thawing of the permafrost soil, as well as to assess the need and number of additional steps (iterations) of injection.

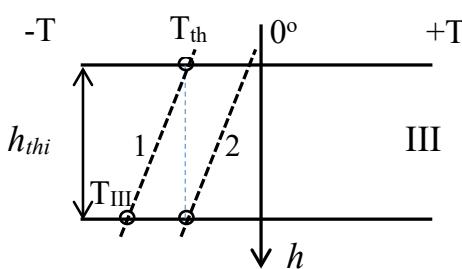
Also, a simplified method for predicting the value of  $h_{thi}$  is proposed for engineering calculations. Such simplified calculations are used in the Guidelines<sup>4</sup>, however, for the problem being solved, their use is not justified, since they use design schemes, materials and some thermophysical parameters that do not correspond to the conditions under consideration.

It is proposed to solve this problem in a one-dimensional formulation along the axis of the embankment, and to consider at the first stage the thermal interaction of zone I, with thickness  $h_{el}$  with soft soils within subgrade's foundation in a thawed state and the average temperature  $T_p$ , and zone II, represented by permafrost soils of subgrade's foundation (Pic. 7 a). Thermal parameters of soils in these zones are determined based on survey results. Since, in general, the work considers the conditions of degradation of permafrost soil, the temperature at the boundary of thawed and frozen soils is taken to be  $T_{th}$  – the temperature at which the soil ends thawing.

After injection (Pic. 7 b), soft soils of zone I are considered as an equivalent layer of grout (5 e, Pic. 6) with a thickness  $h_{el}$ . This zone (I') is the zone for calculation of heat released by the injection grout with an initial temperature  $T_{sc}$  and thickness  $h_{el}$  due to its own heat and the heat of hardening of cement. The amount of heat released in this zone will be:

$$Q_{I'} = \left[ (c_s \cdot m_{sc} + c_w \cdot m_{wc} + c_c \cdot m_c) \cdot \right] \cdot h_{el} \cdot a, \quad (9)$$

where  $m_{sc}, m_{wc}, m_c$  are respectively, the consumption of soil, water and cement in the design cement-soil grout (for preparing 1 m<sup>3</sup>), kg/m<sup>3</sup>;



**Pic. 8. Scheme of temperature changes in zone III after injection and stabilisation of the temperature background [developed by the authors]: 1, 2 – temperature field before and after thawing of permafrost soil, respectively.**

$T_r$  – temperature of zone I' after complete hardening of the grout and stabilisation of the temperature in the surrounding soil (we assume  $T_r \approx T_p$  K);

$a$  – coefficient, equal to 1 m<sup>2</sup>.

In zone III with thickness  $h_{thi}$ , degradation of permafrost soil occurs due to heat release of the injection grout. The amount of heat absorbed by this zone consists of the heat necessary for the ice–water phase transition, as well as the heat necessary to increase the temperature of first frozen and then (after the phase transition) thawed soils:

Опять формула не просматривается – можно взять из русского, она там правильная?

$$Q_{III} = \left[ \lambda_i \cdot \rho_d^f \cdot (W_{tot} - W_w) + \left( \frac{c_g + c_{th}}{2} \right) \cdot (T_{th} - T_{III}) \right] \cdot h_{thi} \cdot a, \quad (10)$$

where  $\lambda_i$  is specific heat of melting of ice, J/kg;

$\rho_d^f$  – skeletal density of permafrost soils, kg/m<sup>3</sup>;

$W_{tot}$  – total humidity content of permafrost soils, unit fractions;

$W_w$  – humidity of permafrost soils due to unfrozen water, unit fractions;

$c_g$  – specific heat capacity of permafrost soils, J/(m<sup>3</sup>·K);

$c_{th}$  – specific heat capacity of thawed soil, J/(m<sup>3</sup>·K);

$T_{III}$  – maximum negative temperature of permafrost in zone III before injection according to survey data, K.

Expression (10) is valid when the temperature in zone III changes according to the scheme shown in Pic. 8.

In zone IV, with thickness  $h_{yhi}$ , the permafrost soil temperature increases due to the heat release of the injection grout. The amount of heat absorbed by this zone will be:

$$Q_{IV} = c_g \cdot \left( \frac{T_{th} - T_{III}}{2} \right) \cdot h_{yhi} \cdot a. \quad (11)$$

Since the structure and composition of soils in zones III and IV are heterogeneous, physical features of soils, including their heat capacity, used in (10) and (11), are recommended to be calculated based on their average values within the considered zones.

Assuming that the main part of the heat release from the injection grout will be ultimately aimed at thawing permafrost soils within subgrade's foundation, without significant heat dissipation through a significant thickness of overlying soils into the atmosphere, the expression is correct:

$$Q_r = Q_{III} + Q_{IV}, \quad (12)$$

and then  $h_{thi}$  can be found through analytical solution (13) at the bottom of the page that allows us to solve the problem of predicting the amount of thawing of permafrost soils during injection based on data obtained from the results of engineering surveys at the site, as well as on solutions and proposals obtained in this work.

## CONCLUSION

To increase the efficiency of stabilisation of the railway subgrade's foundation during degradation of permafrost soil, the method for designing pressure injection of cement-soil grouts has been improved and adapted to real, widespread operating conditions of a railway track on a soft subgrade's foundation during thawing of the permafrost soil.

The setup and conduction of a laboratory experiment as well as its results have been described allowing to determine the amount (Pic. 5) of heat released by injection grouts of various compositions due to the exothermic reaction of hardening of cement.

A calculation scheme is proposed for predicting the amount of permafrost soil thawing within the subgrade's foundation when injecting cement-soil grouts for thermal engineering calculations in specialised software packages. In addition, an analytical solution for engineering calculations has been proposed (13). In the future, it is possible to improve the obtained analytical solution based on identification of some empirical coefficients.

The results obtained make it possible to predict the  $h_{thi}$  amount of thawing of permafrost soils in subgrade's foundations when injecting cement grouts and to subsequently evaluate the additional subsidence  $S_{thi}$  of the subgrade's foundation, as well as the need and number of additional iterations of injection.

$$h_{thi} = \frac{\left[ (c_s \cdot m_{sc} + c_w \cdot m_{wc} + c_c \cdot m_c) \cdot (T_{sc} - T_r) + q_c \cdot 10^6 \right] \cdot h_{el} - c_g \cdot \left( \frac{T_{th} - T_{III}}{2} \right) \cdot h_{yhi}}{\lambda_i \cdot \rho_d^f \cdot (W_{tot} - W_w) + \left( \frac{c_g + c_{th}}{2} \right) \cdot (T_{th} - T_{III})}. \quad (13)$$



## REFERENCES

1. Sazonov, V. N., Ashpiz, E. S. Current problems of ensuring reliability of the subgrade at the Eastern part of railway network [*Aktualnie problem obespecheniya nadzernosti zemlyanogo polotna na Vostochnom poligone*]. *Zhelezodorozhniy transport*, 2015, Iss. 9, pp. 28–31. EDN: UJYKOH.
2. Lanis, A. L., Razuvaev, D. A. Engineering survey of the foundation of the subgrade on the approaches to bridges in the permafrost soil zone (using the example of Lopcha – Khogochi section of the Far Eastern Railway). *Polytransport systems: proceedings of IX International Scientific and Technical Conference*, Novosibirsk, November 17–18, 2016. Siberian State Transport University. Novosibirsk, SGUPS, 2017, pp. 113–117. EDN: ZWVQLJ.
3. Kudryavtsev, S. A., Kazharsky, A. V., Valtseva, T. Yu. [et al.] Structures for strengthening railway embankments on permafrost soils during construction of the second tracks of the Eastern part of railway network [*Konstruktsii usileniya zheleznykh dorog na vechnomerzlykh gruntakh pri stroitelstve vtorikh putei Vostochnogo Poligona*]. *Proektirovaniye razvitiya regionalnoi seti zheleznykh dorog*, 2016, Iss. 4, pp. 243–250. EDN: XEEQJQ.
4. Lanis, A. L., Razuvaev, D. A. Systematization of features and requirements for geological survey of railroad subgrades functioning in cold regions. *Sciences in Cold and Arid Regions*, 2017, Vol. 9, Iss. 3, pp. 205–212. DOI: 10.3724/SP.J.1226.2017.00205. EDN: XOEQKD.
5. Ashpiz, E. S., Vavrinuk, T. S. Computation of Deformations of Embankments in Permafrost Areas. *World of Transport and Transportation*, 2012, Vol. 10, Iss. 3(41), pp. 102–107. EDN: PCDSHT.
6. Harris, S. A. The Tibetan Railroad: Innovative Construction on Warm Permafrost in a Low-Latitude, High-Altitude Region. In: *Engineering Earth: The impacts of megaengineering projects*. Springer Science and Business Media, 2011, Chapter 43, pp. 747–765. DOI: 10.1007/978-90-481-9920-4\_43.
7. Liu, H.; Huang, S.; Xie, C.; Tian, B.; Chen, M.; Chang, Z. Monitoring Roadbed Stability in Permafrost Area of Qinghai–Tibet Railway by MT-InSAR Technology. *Land*, 2023, Vol. 12, Iss. 2, 474. DOI: <https://doi.org/10.3390/land12020474>.
8. Ashpiz, E. S., Vavrinuk, T. S. Strengthening deformed long-term exploited embankments on permafrost [*Usilenie deformiruyushchikh sbyt dilitelno ekspluatiruemikh nasypei namnogetemernelom osnovani*]. *Polytransport systems: proceedings of IX International Scientific and Technical Conference*, Novosibirsk, November 17–18, 2016. Siberian State Transport University. Novosibirsk, SGUPS, 2017, pp. 86–90. EDN: ZWVQLJ.
9. Lanis, A. L. Application of the pressure injection method to strengthen embankments [*Primenenie napornoi inektsii dlya usileniya nasypei*]. *Put i putevoe khozyaistvo*, 2009, Iss. 6, pp. 33–35. EDN: PXHCMF.
10. Lomov, P. O., Lanis, A. L., Razuvaev, D. A., Kavardakov, M. G. Stabilizing subgrades of transport structures by injecting solidifying grouts in cold regions. *Sciences in Cold and Arid Regions*, 2021, Vol. 13, Iss. 5, pp. 357–365. DOI: 10.3724/SP.J.1226.2021.21040. EDN: DKSADH.
11. Sakharov, I., Kudryavtsev, S., Paramonov V. [et al.] Ensuring the operational suitability of buildings, railways and bridges in the Arctic zone in conditions of global warming // X International Scientific Siberian Transport Forum – TransSiberia 2022, Novosibirsk, March 02–05, 2022. Novosibirsk, Elsevier B.V., 2022, pp. 2506–2514. DOI: 10.1016/j.trpro.2022.06.288. EDN: GXCWVQ.
12. Ashpiz, E. S. Experience in construction of railway subgrade located on permafrost soils: problems and ways to solve them [*Opty sooruzheniya zemlyanogo polotna zheleznykh dorog, raspolozhennykh na mnogoletnemernykh gruntakh: problemy i puti ikh resheniya*]. *Bulletin of the Joint Academic Council of JSC Russian Railways*, 2019, Iss. 1, p. 1–27. EDN: TQJHVX.
13. Kondratyev, V. G., Valiev, N. A. Technology and results of additional cooling of the slopes of the subgrade on the central section of the BAM [*Tekhnologiya i rezul'taty dopolnitel'nogo okhlazhdeniya otkosov zemlyanogo polotna na tsentralnom uchastke BAM*]. *Kulagin readings: equipment and technologies of production processes: XV International scientific and practical conference: Collection of articles in 3 parts, Chita, November 30–December 02, 2015. Part 3*. Chita, Transbaikal State University, 2015, pp. 156–161. EDN: VHKJST.
14. Passek, V. V., Kraev, A. N., Paskov, M. V., Andreev, V. S. Stabilization of the temperature regime of soils of the foundations of structures in complex frozen-soil conditions of the polar and subpolar tundra [*Stabilizatsiya temperaturnogo rezhima gruntov osnovaniy sooruzhenii v slozhnykh merzlotno-gruntovykh usloviyakh zapolyarnoi i pripolyarnoi tundry*]. *Bulletin of the Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering*, 2015, Iss. 4, pp. 89–93. EDN: VHLWLR.
15. Passek, V. V., Vorobiev, S. S., Poz, G. M., Passek, V. V. Surface cooling system for an embankment in a permafrost zone [*Sistema poverkhnostnogo okhlazhdeniya nasypi v zone vechnoi merzloty*]. *Put i putevoe khozyaistvo*, 2024, Iss. 1, pp. 2–6. EDN: NLTQVZ.
16. Kudryavtsev, S. A., Valtseva, T. Yu., Kotenko, Zh. I., Gavrilov, I. I. Forecasting processes of freezing and degradation of permafrost foundations of embankments [*Prognozirovaniye protsessov promerzaniya i degradatsii mnogoletnemernykh osnovaniy nasypei*]. *Put i putevoe khozyaistvo*, 2022, Iss. 4, pp. 34–35. EDN: DQWLLR.
17. Lanis, A. L. Reinforcement of operated high embankments with injection of hardening grouts. D.Sc. (Eng) thesis [*Armirovaniye ekspluatiruemikh vysokikh nasypei s inektirovaniem tverdeyushchikh rastvorov. Diss. dokt. tekhn. nauk*]. Moscow, RUT publ., 2019, 409 p. EDN: YYKKOJ.
18. Barannik, N. V., Kotov, S. V., Potapova, E. S., Malakhin, S. S. Determination of the concrete heat emission during its hardening in isothermal conditions. *Bulletin of Science and Research Center of Construction*, 2022, Iss. 2 (33), pp. 44–62. DOI: 10.37538/2224-9494-2022-2(33)-44-62.
19. Wadsö, L. Operational issues in isothermal calorimetry. *Cement and Concrete Research*, 2010, Vol. 40, Iss. 7, pp. 1129–1137. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2010.03.017>.

### Information about the authors:

**Razuvaev, Denis A.**, Ph.D. (Eng), Associate Professor, Head of the Research Laboratory of Quality Control of Road Pavements and Roadbeds of Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia, razdenis@mail.ru.

**Pechenkin, Roman S.**, Ph.D. student, Engineer of Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia, roma.pechenkin@yandex.ru.

Article received 07.02.2024, approved 14.03.2024, accepted 27.03.2024.

# Determining Mechanical Strength of Composite Traverse for 6–10 kV Overhead Power Line with Finite Element Method



Yury A. KOCHUNOV



Dmitry V. EGOROV

Yury A. Kochunov<sup>1</sup>, Dmitry V. Egorov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>LLC «NPP Elektromash», Yekaterinburg, Russia.

<sup>2</sup>Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg, Russia.

<sup>1</sup> ORCID 0000-0001-6955-283X; Russian Science Citation Index SPIN-code: 5314-2514; Russian Science Citation Index Author ID: 890174.

<sup>2</sup> Russian Science Citation Index SPIN-code: 3455-5021, Russian Science Citation Index Author ID: 931760.

✉ [yukochunov@mail.ru](mailto:yukochunov@mail.ru).

## ABSTRACT

Overhead power lines with a voltage of 6–10 kV, intended for power supply of signalling, centralised traffic control and signalling block systems and of electrical equipment along the railways use as supporting structures metallic traverses with porcelain or glass insulators. According to available data, defects caused by mechanical stresses account for more than half of the total number of disruptions in the normal operation of overhead power lines. It is worth highlighting defects that are the most frequent: chip of the insulator, bend of the pin, fracture of the pin, destruction of the insulator, separation of the insulator from the pin, distortion of the traverse, destruction of the traverse, bending of the traverse, decay or corrosion of the traverse.

To increase the reliability of overhead power lines and reduce these damages, it is proposed to manufacture traverses from polymer composite electrical insulating material. Such

traverses do not have insulators and are used as an electromechanical structure with the required mechanical and electrical strength.

The objective of this work is to assess the mechanical strength of traverses made of polymer composite electrical insulating materials. To solve the set tasks, the work considers a three-dimensional model of the traverse. Its mechanical strength is determined using applied software implementing the finite element method (FEM). Loads in horizontal and vertical planes are applied to the cross-arm, the most stress-strained state of the traverse's arms and the pin bracket is determined.

In addition, the article compares the calculation results using the analytical method performed in the previous work with FEM calculation, verifies the assumed physical and geometric parameters, material properties and assumptions in calculations.

**Keywords:** railway transport, power supply, traverse, crossarm, polymer composite material, mechanical strength, round crossarm (rod), load, finite element method.

---

**For citation:** Kochunov, Yu. A., Egorov, D. V. Determining Mechanical Strength of Composite Traverse for 6–10 kV Overhead Power Line with Finite Element Method. World of Transport and Transportation, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 163–169. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-2>.

**The original text of the article in Russian is published in the first part of the issue.**  
**Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.**

## INTRODUCTION

Electric power supply to railways is a complex, multi-element system, which, according to dependability criteria, is a consumer of the first category. Besides feeding electrified train traction, power is supplied to non-traction consumers, such as signalling, centralised traffic control and signalling block systems and to electrical equipment along the railways, which are powered via an overhead power line (OHL) with a voltage of 6–10 kV. Metal traverses (crossarms) with porcelain or glass insulators have been commonly used as cable bearing structures. According to statistics, defects caused by mechanical stress account for 58 % of the total number of OHL failures [1; 2].

To increase dependability and to reduce these damages, engineers of LLC «NPP ELEKTROMASH» and researchers at the Department of Transport Electric Power Supply of Ural State University of Railway Transport have developed insulating and supporting structural elements, namely brackets and traverses made of polymer composite electrical insulating material (PCEIM) [1–8].

Such structural elements have the required mechanical and electrical strength and do not have insulators, thereby reducing the likelihood of failures due to mechanical damage.

One of the stages of introducing new equipment is modelling the processes applied to the object under study. The validity of the research results must be verified by using various calculation methods and full-scale experiments. The paper [8] describes the results of calculating the mechanical strength of a PCEIM traverse using the analytical method. The calculations considered load factors, identified the most stressed structural elements when applying an acting force, and resulted in obtaining the values of stress and strain.

This present article describes the results of the second stage of the research on the mechanical strength of the PCEIM traverse using applied software that implements the finite element method (FEM).

## RESULTS

The work examines a TK-3sh-BOREL [triangular] traverse as a typical sample representing PCEIM traverses (hereinafter referred to as the traverse), manufactured by LLC «NPP ELEKTROMASH» (Yekaterinburg). The main physical and geometric parameters of the

traverse and its attachment points are presented in [8].

The three-dimensional geometric model of the traverse (Pic. 1) is built as a set of mechanically contacting elastic-deformable solids, considering the plastic properties of fiberglass, and also includes fastening elements in the design diagram.

The traverse (Pic. 1), as a supporting mechanical structure, is calculated using the method of three limit states [1; 8; 9]:

1. Structural strength.
2. Deformation.
3. Stability.

Using analytical calculation methods in the paper [8], it was determined that the most loaded stress-strain state (SSS) occurs when a load is applied to PSC in the horizontal plane. The design model is shown in Pic. 2.

A number of assumptions are introduced in the calculation [9–15]: CPM is modelled as two bolts anchored at the free ends (B, F); a model of contact between the 75×75×8 angle bar and the pole was chosen in which there is no friction between the surfaces [11]; bracket has restraints on movement in all directions at the free edges (not shown in Pic. 2); the pole is modelled as an absolutely rigid body with limited movement in all directions (G).

The traverse is loaded in two stages.

At the first stage, bolt tightening is simulated. The tightening force is determined by the formula:

$$Q_{\text{tight}} = \sqrt{\frac{\sigma_m}{\left(\frac{4}{\pi \cdot d^2}\right)^2 + 3\left(\frac{0,15}{0,2 \cdot d^2}\right)^2}}, \quad (1)$$

where  $d$  is bolt diameter.

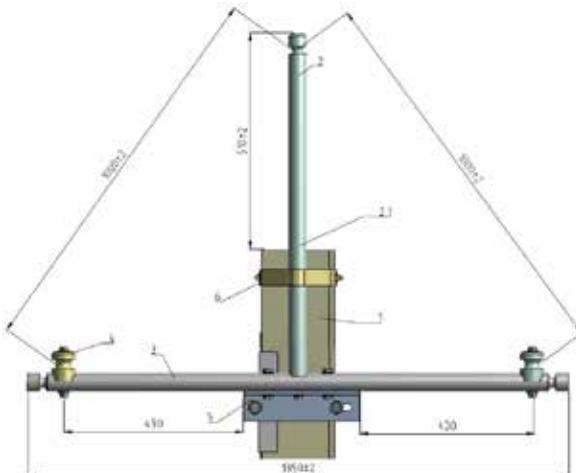
It should be noted that the tightening force applied to the bolts securing the angle bar to the pole (E, I) is taken from the strength condition of the 75×75×8 angle bar.

At the second stage, a force equal to 3 kN (A) is applied to PSC in the horizontal direction.

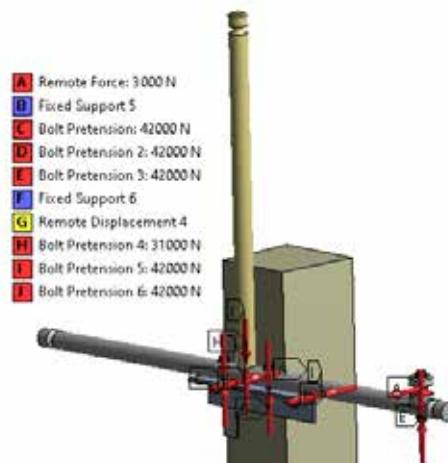
The general deformed state for the traverse for the SV-110-5 pole (design option for angle bar No. 1 as shown in Pic. 3 [8]) is shown in Pic. 3.

The distribution of equivalent von Mises stress values, MPa, of all elements of the traverse is shown in Pic. 4.

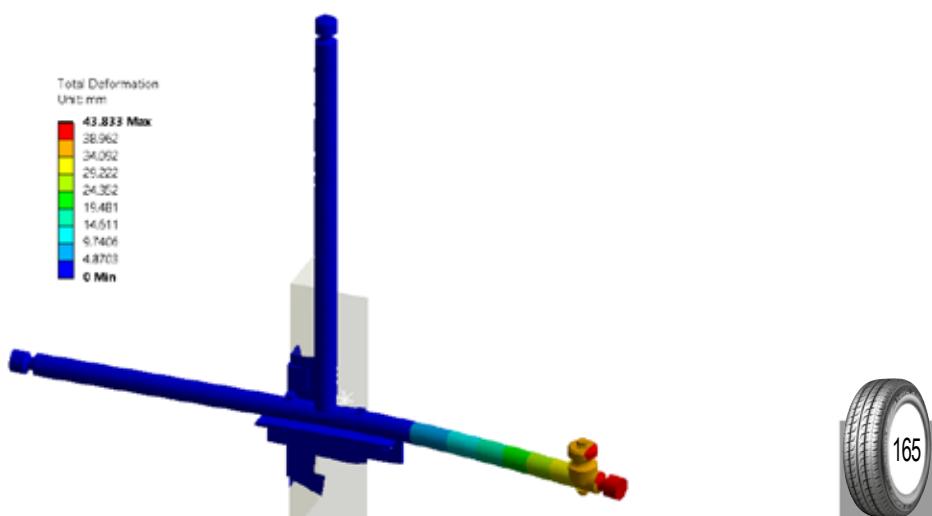
The distribution of equivalent stress values in individual elements of the traverse according to von Mises, MPa, is summarised in Table 1.



*Pic. 1. Three-dimensional geometric model of the TK-3sh BOREL traverse [performed by the authors]:  
 1 – pole SV-110-5; 2 – vertical traverse beam (VTB); 2.1 – restrictive groove;  
 3 – horizontal traverse beam (HTB); 4 – pin's spool-shaped cap (PSC); 5 – crossarm-to-pole mounting (CPM); 6 – bracket (B).*



*Pic. 2. Design model when load is applied to PSC in the horizontal plane [developed by the authors]: A – (force) load applied in the horizontal direction to the PSC in the area where the wire is fastened; B, F – (anchorage) free edges of CPM bolts; C, D, E, H, I, J – (axial tightening force) bolted connections; G – (limitation of movements in all directions) reverse side of the pole.*

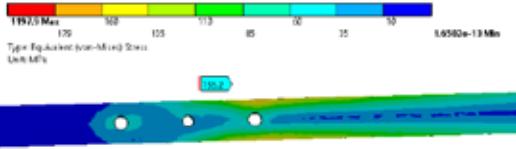
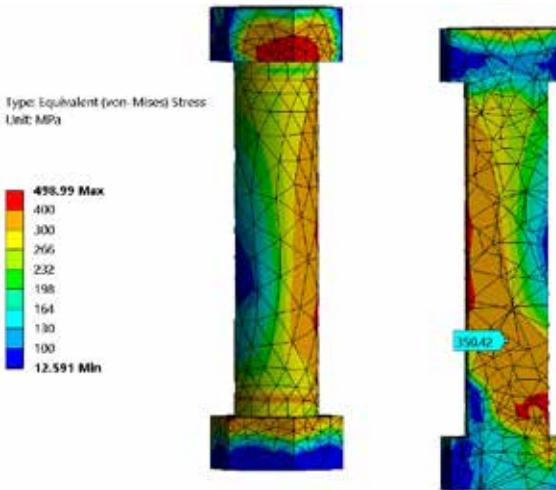
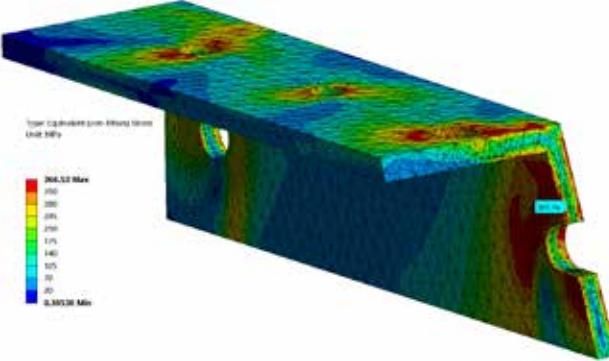
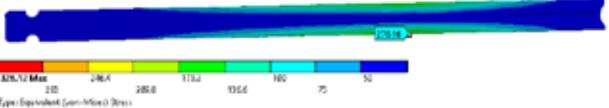
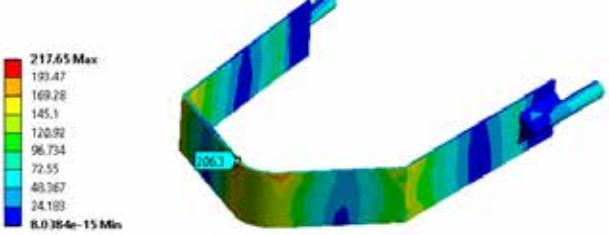


*Pic. 3. General deformed state [developed by the authors].*



**Results of FEM calculation for composite traverse**

**Table 1**

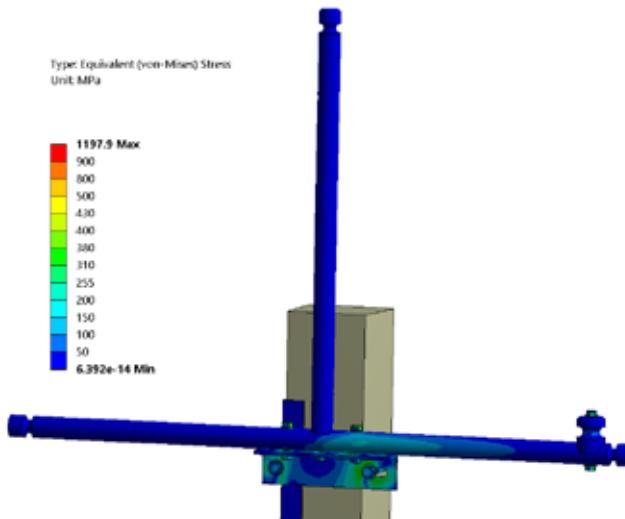
Name of the individual element of the traverse	Distribution of equivalent von Mises stress values	Maximum equivalent stress, MPa	Safety margin $\eta$
HTB (longitudinal section)	 Type: Equivalent (von-Mises) Stress Unit: MPa	155,2*	4,4
Bolts used to secure HTB to metal 75x75x8 angle bar (section of the bolt closer to the applied load)	 Type: Equivalent (von-Mises) Stress Unit: MPa	350,42	1,4
75x75x8 angle bar (section of the hole closer to the applied load)	 Type: Equivalent (von-Mises) Stress Unit: MPa	301,76	2,1
HTB (longitudinal section)**	 Type: Equivalent (von-Mises) Stress Unit: MPa	276,16	4,5
B**	 Type: Equivalent (von-Mises) Stress Unit: MPa	206,3	2,1

\*The maximum stresses in HTB, equal to 1197,9 MPa, are due to the edge effect that occurs after tightening the bolts.

\*\* For design model No 4 [8].

**Table 2**  
**Comparative data obtained by analytical calculation method and FEM**

Design model No 1				
Method	Estimated values			
	Deformation of HTB, mm	Stress of HTB, MPa	Stress of angle bar, MPa	Stress of bolts, MPa
Analytical	34,4	130,2	221,4	105,3
FEM	39,6	147,1	209,8	99,2
Error, %	13,1	11,5	5,5	6,1
Design scheme No 2				
Method	Estimated values			
	Deformation of HTB, mm	Stress of HTB, MPa	Stress of angle bar, MPa	Stress of bolts, MPa
Analytical	35,1	133,3	258,3	266,7
FEM	39,9	150,8	247,9	254,5
Error, %	12	11,6	4,2	4,7
Design model No 3				
Method	Estimated values			
	Deformation of HTB, mm	Stress of HTB, MPa	Stress of angle bar, MPa	Stress of bolts, MPa
Analytical	38,2	135,6	308,2	363,6
FEM	43,8	155,2	301,76	350,42
Relative error, %	12,7	12,6	2,1	3,8
Design model No 4				
Method	Estimated values			
	Deformation of VTB, mm	Stress of VTB, MPa	Stresses of B, MPa	
Analytical	35,6	285,7	221,4	
FEM	39,5	276,16	206,3	
Error, %	9,9	3,5	7,3	



*Pic. 4. Distribution of equivalent von Mises stress values, MPa, of all traverse elements [developed by the authors].*

Determining the compliance of the main structural elements with strength conditions is made using the permissible stress method [or allowable stress design]:

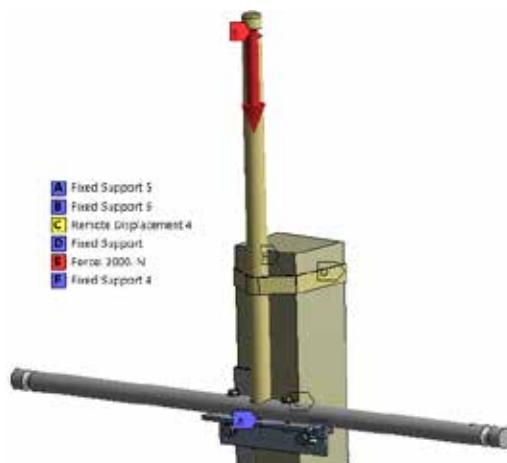
$$[\sigma_{\text{per}}] \geq [\sigma_{\text{EQUIV}}] \quad (2)$$

where  $[\sigma_{\text{EQUIV}}]$  – maximum equivalent stress values arising in individual structural elements of the traverse.

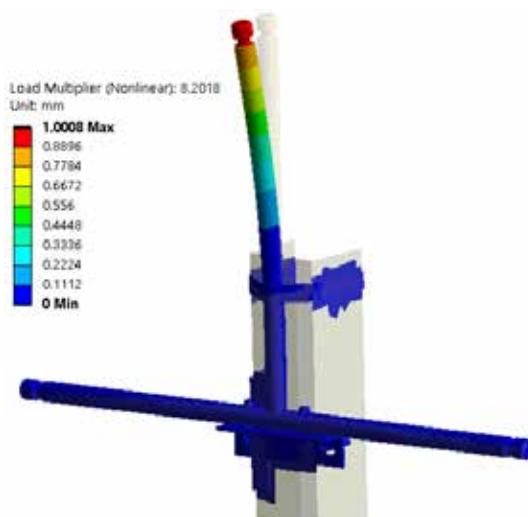
The safety margin complies with GOST [Russian state standard] requirements. For all other structural elements, the safety factor is  $\eta \geq 5$ .

The next step is to determine the stability of the structure. The design model regarding the influence of a vertical axial compressive force of 3 kN (E) is shown in Pic. 5.





*Pic. 5. Design model regarding the influence of compressive force on VTB in the vertical plane [developed by the authors]: A, B – (anchorage) free edges of CPM bolts; D, F – (anchorage) free edges of B; C – (limitation of movements in all directions) reverse side of the pole; E – (force) load applied in the vertical direction to VTB in the area of the wire fastening.*



*Pic. 6. Form of traverse buckling [developed by the authors].*

Stability margin  $\eta_{stab}$  is determined according to the formula:

$$\eta_{stab} = LM \cdot k, \quad (3)$$

where LM – stability margin according to software calculation;

$k$  – coefficient considering the imperfection of geometric shapes for compressed rods of variable cross-section  $k = 0,8$ .

The first form of buckling is shown in Pic. 6.

Minimum stability margin according to software calculation is  $LM = 8,2$ .  $\eta_{stab} = 8,2 \cdot 0,8 = 6,56$ . The structure's stability margin ensures mechanical strength and meets the requirements [8; 9].

After the calculations have been carried out, the results obtained are compared with the results of calculations using the analytical method [8]. Comparative data are shown in Table 2.

Despite minor deviations from the classical method of calculating the strength of a composite traverse, a comparative analysis has shown that the estimated values and the convergence of the calculations obtained do not contradict the methods specified in <sup>1, 2, 3</sup>.

<sup>1</sup> GOST [State standard] 27380-87 Fiberglass profile electrical insulating materials. General technical conditions. Moscow, USSR State Committee for Standards, 1987, 31 p. [Electronic resource]: <https://docs.cntd.ru/document/1200011761>. Last accessed 28.11.2023.

<sup>2</sup> GOST [State standard] 33742-2016 Polymer composites. Classification. Moscow, Standartinform publ., 2019, 10 p. [Electronic resource]: <https://docs.cntd.ru/document/1200135539>. Last accessed 28.11.2023.

<sup>3</sup> Bondaletova, L. I., Bondaletov, V. G. Polymer composite materials (Part 1): Study guide. Tomsk, Tomsk Polytechnic University Publishing House, 2013, 118 p.

## CONCLUSION

The work determined the mechanical strength of the TK-3-sh BOREL composite traverse, performed using the finite element method. According to the calculation results, the traverse meets the mechanical strength requirements.

A comparison of the analytical calculation method [8] and FEM calculation showed that the calculation error is no more than 15 %, which confirms the acceptability of the assumed features of the materials and assumptions in the calculations.

These techniques can be used in the design of traverses made of polymer composite materials. The materials of this work can be used in engineering calculations, as well as in the educational process when teaching students in specialties and areas of training: Electric power and electrical engineering (by industries); Electric power and electrical engineering; Train traffic supporting systems.

## REFERENCES

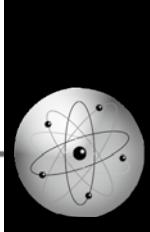
1. Kochunov, Yu. A. Development and research of a polymer bracket for overhead power lines in networks of non-traction railway 6–10 kV consumers. Ph.D. (Eng) thesis [*Razrabotka i issledovaniya polimernogo kronshtaina vozduzhnoi linii elektroperedachi v setyakh netyagovykh zhelezodorozhnykh potrebiteli 6–10 kV*. Diss. ...kand. tekh. nauk]. Yekaterinburg, USURT publ., 2017, 235 p.
2. Lukyanov, A. M., Chepelev, Yu. G., Bardin, A. N. Development of Polymer Consoles. *World of Transport and Transportation*, 2016, Vol. 14, Iss. 3 (64), pp. 60–71. EDN: XXJQHV.
3. Popov, S. N., Fedorov, Yu. Yu., Vasiliev, S. V. Composite crossarms for high-voltage power line poles [*Sostavnie kompozitnie traversy dlya opor vysokovoltnykh linii elektroperedachi*]. *Energobezopasnost i energosberezhenie*, 2016, Iss. 3, pp. 9–11. EDN: WBGJAL. DOI: 10.18635/2071-2219-2016-3-9-11.
4. Fedotov, A. A., Kolesnikov, S. A., Khoroshevsky, R. A. Wooden brackets will be replaced by polymer ones [*Derevyanie kronshteyny zamenyat polimernymi*]. *Lokomotiv*, 2013, Iss. 3 (675), p. 43.
5. Fedorov, Yu. Yu., Popov, S. N., Unzhakov, A. S. Fiberglass mobile poles for power lines with voltage up to 10 kV [*Stekloplastikovie mobilnie opory dlya linii elektroperedachi s napryazheniem do 10 kV*]. *Energobezopasnost i energosberezhenie*, 2023, Iss. 2, pp. 5–10. EDN: WUZARS.
6. Vasiliev, S. V., Fedorov, Yu. Yu. Development of a composite traverse for the anchored end pole of a 6–10 kV power line [*Razrabotka kompozitnoi traversy ankernoi konsevoi opory linii elektroperedachi 6–10 kV*]. *Eurasian Scientific Association*, 2019, Iss. 5–2 (51), pp. 108–110. EDN: WNNXVK.
7. Fedorov, Yu. Yu., Babenko, F. I. The influence of low temperatures on behaviour of pre-deformed fiberglass [*Vliyanie nizkikh temperatur na povedenie predvaritelno deformirovannogo stekloplastika*]. *Plastic masses*, 2018, Iss. 1–2, pp. 9–11. EDN: YQUDNT.
8. Kochunov, Yu. A., Kolmakov, D. A., Egorov, D. V. Analytical determination of the mechanical strength of a composite traverse for 6–10 kV overhead power lines [*Analiticheskoe opredelenie mekhanicheskoi prochnosti kompozitnoi traversy dlya VL 6–10 kV*]. *Science and education in transport*, 2022, Iss. 2, pp. 29–34. EDN: XKWEF.
9. Lukyanov, A. M. Development of polymer insulating structures that ensure increased industrial safety of catenary networks. D.Sc. (Eng) thesis [*Razrabotka polimernykh izoliruyushchikh konstruktsii, obespechivayushchikh povyshenie promyshlennoi bezopasnosti kontaktnykh elektricheskikh setei*. Diss. ...dokt. tekh. nauk]. Moscow, MGUPS publ., 1998, 225 p.
10. Rutsky, V. M. Improvement of methods for design and operation of insulation of external electrical installations of railway power supply systems. D.Sc. (Eng) thesis [*Sovershenstvovanie metodov proektirovaniya i ekspluatatsii izolyatsii naruzhnykh elektrostanovok sistem elektrosnabzheniya zheleznykh dorog*. Diss. ... dok. tekh. nauk]. Yekaterinburg, USURT publ., 2004, 373 p.
11. Lizin, V. T., Pyatkin, V. A. Design of thin-walled structures [*Proektirovaniye tonkostennnykh konstruktsii*]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1976, 408 p.
12. Turbin, N. V., Trifonov, R. D., Kovtunov, S. S. Simulation of collapse of a composite material using computational micromechanics methods [*Modelirovaniye smyatiya kompozitsionnogo materiala metodami vychislitelnoi mikromekhaniki*]. *II International Conference «Composite Materials and Structures»*. November 16, 2021. Moscow. Abstract. Moscow, Pero publ., 2021, pp. 88–89. EDN: FJNDYO.
13. Pelevin, A. G., Shadrin, V. V. Features of using the viscoelastic material model in the ANSYS software package. *Bulletin of Perm University. Mathematics. Mechanics. Computer Science*, 2021, Iss. 3 (54), pp. 52–57. DOI: <https://doi.org/10.17072/1993-0550-2021-3-52-57>.
14. Krylov, K. A., Murzakhanov, G. Kh., Shchugorev, V. N. Experimental study of destruction of composites under dynamic loading [*Ekspерimentalnoe issledovaniye razrusheniya kompozitov pri dinamicheskem nagruzhenii*]. [Electronic resource]. *Science and education: scientific publication of Bauman MSTU*, 2007, Iss. 10, p. 1. EDN: IBZWYT.
15. Kablov, E. N. Composites: today and tomorrow [*Kompozity: segodnya i zavtra*]. *Metally Evrazii*, 2015, Iss. 1, pp. 36–39. EDN: UBDOPV.

### Information about the authors:

**Kochunov, Yury A.**, Ph.D. (Eng), Design Engineer of LLC «NPP Elektromash», Yekaterinburg, Russia, [yukochunov@mail.ru](mailto:yukochunov@mail.ru).  
**Egorov, Dmitry V.**, Ph.D. student at Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg, Russia, [dmitryegorovperm@mail.ru](mailto:dmitryegorovperm@mail.ru).

Article received 20.07.2023, approved 22.11.2023, accepted 27.11.2023.





# The Use of Electric Energy Storage Devices to Improve Traction Properties of Autonomous Locomotives



Grigory Yu. KUZNETSOV



Elena Yu. LOGINOVA



Konstantin V. KUDELIN

**Grigory Yu. Kuznetsov<sup>1</sup>, Elena Yu. Loginova<sup>2</sup>, Konstantin V. Kudelin<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Russian University of Transport, Moscow, Russia.

<sup>3</sup>Russian Railways JSC, Moscow, Russia.

<sup>3</sup> ORCID 0000-0002-3321-1176; Russian Science Citation Index SPIN-code: 8033-3805.

✉ <sup>3</sup> konstantin-97@mail.r

## ABSTRACT

The analysis of international experience in development of autonomous locomotives with a hybrid power plant allowed to prove the possibility of increasing the operating efficiency of diesel locomotives using electric energy storage devices.

A proposed circuit diagram of the power system of a diesel locomotive implies as source of energy both a diesel engine and a traction battery with a DC pulse chopper. An algorithm has been developed to control the traction drive of a diesel locomotive with a hybrid power plant, which ensures an increase in the tractive force of the locomotive on sections with difficult track profile. Modernisation of the power system of a diesel locomotive using a hybrid power plant is considered for the diesel locomotive of 2TE116 series. A mathematical model of operation of a diesel locomotive traction drive powered by

a hybrid energy source through a controlled voltage breaker has been developed using the energy balance equations of a traction electric motor. Respective traction properties of 2TE116 diesel locomotive with a standard power plant and a hybrid power plant were calculated using numerical modelling methods in MatLab and LabView software environments. It is shown that, over the entire range of operation speed, a diesel locomotive with a hybrid power plant allows obtaining a tractive effort 15 % higher than a diesel locomotive with a standard power plant. Calculations have proved that increasing the traction properties of the modernised 2TE116 diesel locomotive makes it possible to increase the designated weight of the train by 15 %, and, accordingly, the efficiency of using the locomotive as a traction unit on the railway network.

**Keywords:** railway transport, electric energy storage devices, hybrid power plant, improvement of operation characteristics of a mainline diesel locomotive.

**For citation:** Kuznetsov, G. Yu., Loginova, E. Yu., Kudelin, K. V. The Use of Electric Energy Storage Devices to Improve Traction Properties of Autonomous Locomotives. World of Transport and Transportation, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 170–175. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-3>.

**The original text of the article in Russian is published in the first part of the issue.**

**Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.**

## INTRODUCTION

With the continuous growth in volume of transportation by rail, there is a need for a maximum use of the carrying capacity of rolling stock. It fully refers to development of railway transport in Russia and to Russian Railways JSC<sup>1</sup> [1; 2].

Within technical developments, design departments and engineering centres constantly raise questions about the production of modern, more powerful locomotives with higher tractive force and capable of transporting more cargo.

One of the ways to increase the traction efficiency of locomotives is to improve their design through modernisation, which consists in the use of more modern technical devices.

Currently, traction rolling stock with hybrid energy sources is becoming widespread. In Germany, a Prima H3 hybrid shunting locomotive manufactured by Alstom is in operation. It is equipped with lithium traction batteries, weights 67 tons, its traction force when starting is 225 kN, power is 700 kW [3]. In Russia, the machine-building holding JSC Transmashholding designed and presented at the International Railway Salon of 1520 space PRO Dvizhenie.Expo a hybrid autonomous shunting locomotive with a traction energy storage capacity of 240 kW<sup>2</sup>. In Switzerland, work is currently underway on production of a dual-mode locomotive of the new 93 series using lithium titanate oxide batteries, powered by a 25 kV 50 Hz AC contact network, with a power of the locomotive itself of 1300 kW [4].

<sup>1</sup> Transport strategy of the Russian Federation until 2030 with the forecast for the period until 2035. [Electronic resource]: <https://mintrans.gov.ru/file/473193>. Last accessed 17.09.2023.

<sup>2</sup> TEM5Kh Shunting hybrid diesel locomotive. [Electronic resource]: <https://sitemag.ru/article/25569> manevrovyy gibriddnyi teplovoz tem5h gibriddniy-avtomomniy-lokomotiv-obrel-plot. Last accessed 02.10.2023.

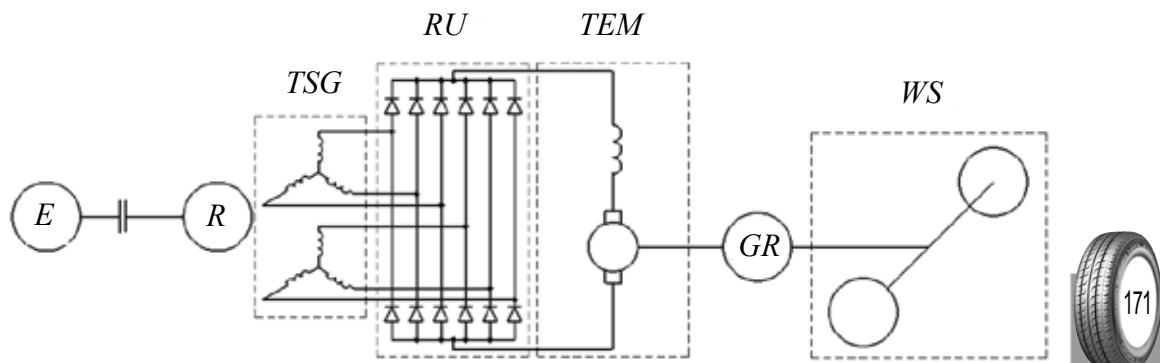
The *objective* of the study was the use of electric energy storage devices on autonomous rolling stock by changing the standard design of conventional 2TE116 AC-DC diesel locomotive.

## RESULTS

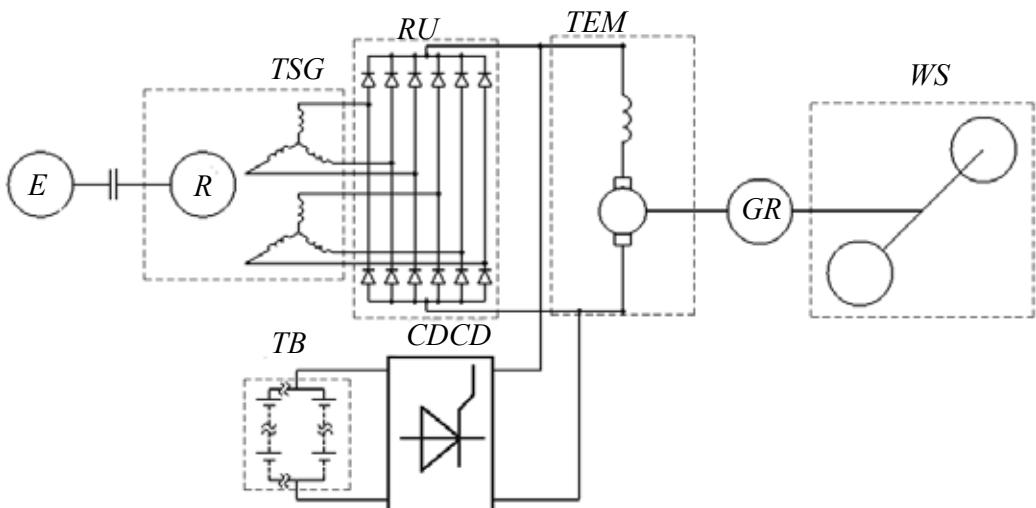
The studied diesel locomotive 2TE116 is a locomotive that uses a diesel internal combustion engine (E) as the primary source of energy. Its functional electromechanical and circuit diagram is shown in Pic. 1. The diesel engine is used in locomotives due to its high reliability and higher effective power [5]. The engine converts the chemical energy of the fuel into the mechanical energy of rotation of the crankshaft. Mechanical energy is converted into electrical energy by rotating the rotor (R) of a synchronous generator (TSG), which converts the rotational mechanical energy into alternating current electrical energy. By using a rectifier unit (RU), alternating current is converted into direct current [6] and supplied to locomotive traction electric motors (TEM). Locomotive traction electric motors constitute an electrical machine that converts electrical energy into mechanical rotational energy. To apply a high starting torque, a traction gear reducer (GR) is used, which increases the torque but reduces the rotation speed. Subsequently, rotation with a large torque is transmitted to the wheelset of the locomotive and sets it in motion.

The functional electromechanical and circuit diagram of the 2TE116 hybrid diesel locomotive is shown in Pic. 2.

Changing the design of a locomotive to turn it into a hybrid one consists of installing an additional electric energy storage device, a special case of which is a traction battery (TB). In the design of the locomotive, the TB is used to implement electrodynamic regenerative braking,



*Pic. 1. Functional electromechanical and circuit diagram of the conventional 2TE116 diesel locomotive [performed by the authors].*



Pic. 2. Functional electromechanical and circuit diagram of the hybrid 2TE116 diesel locomotive [performed by the authors].

as well as to allocate additional power to the locomotive on difficult sections of the track to pass track grades. Also, the traction battery can replace the standard traction battery and provide starting of a diesel internal combustion engine, powering the on-board circuit and the auxiliary needs of the locomotive. To regulate the charge-discharge currents of a traction battery, it is necessary to install a charge-discharge control device (CDCD), which is a two-way pulse constant voltage chopper. Thus, this device will control the maximum charge-discharge currents allowed for the traction battery.

The functional application of a traction electric battery is to implement it on difficult sections of the track by connecting it in parallel with traction synchronous generators to traction electric motors.

The traction force of a locomotive with an electric transmission depends on the mechanical torque on the traction electric motor, the radius of the wheels of the locomotive wheelset and the gear ratio of the traction gear reducer, N:

$$F_k = \frac{n_{ax} \cdot M_k \cdot i}{R_k}, \quad (1)$$

where  $n_{ax}$  is the number of motorised axles of the locomotive, pcs;

$M_k$  – torque (moment) created by the traction motor, Nm;

$i$  – gear ratio of traction gear reducer;

$R_k$  – radius of the locomotive wheelset, m.

The number of axles, the radius of the locomotive's wheelsets and the gear ratio of the traction gear reducer are design parameters of

the locomotive that cannot change during its operation. Thus, the value of the locomotive's traction force can be increased by increasing the torque on the traction electric motors.

It is known<sup>3</sup>, that the torque of a series excitation DC electric motor is determined by the dependence, Nm:

$$M_k = c_m \cdot I_{ar} \cdot F_{ex} = c_m \cdot I_{ar} \cdot I_{ex} = c_m \cdot I_{ar}^2, \quad (2)$$

where  $c_m$  – motor design constant;

$I_{ar}$  – current flowing through the armature winding, A;

$I_{ex}$  – current flowing through the excitation winding, A;

$F_{ex}$  – magnetic flux of the excitation winding, Wb.

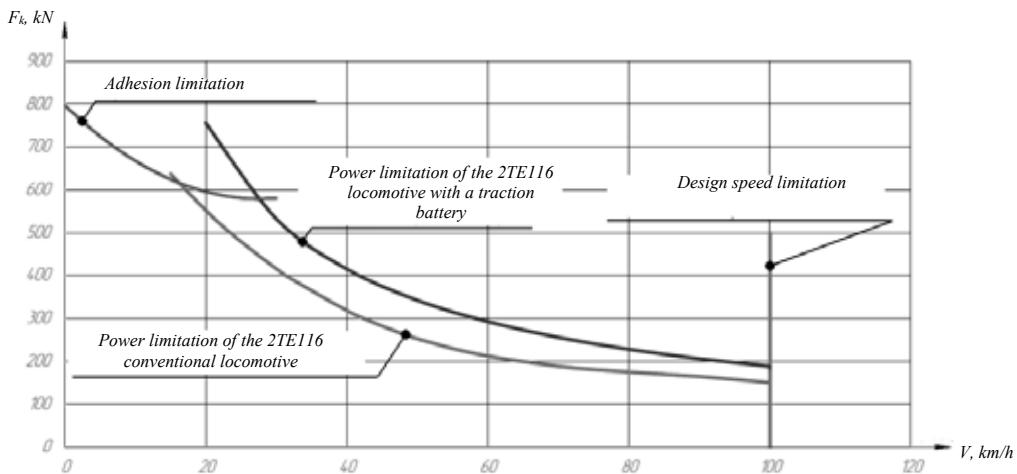
Thus, we can conclude that the torque of the traction electric motor is directly proportional to the square of the value of the current of the armature winding of the traction motor.

Modern traction batteries, such as the LT-LFP770P battery manufactured by Liotech LLC, allow a nominal discharge equal to the value of the nominal battery capacity  $c_n$  equal to 770 A<sup>4</sup>.

Thus, in relation to 2TE116 diesel locomotive, it is possible to sequentially install an  $n$ -number

<sup>3</sup> Proskuryakov, V. S., Sobolev, S. V. Calculation of electrical machines: Study guide. National Research Tomsk Polytechnic University. Tomsk, Publishing house of Tomsk Polytechnic University, 2011, 112 p. [Electronic resource]: [https://portal.tpu.ru/SHARED/v/VOV/uchebnaya\\_rabota/Tab1/Tab1UP1.pdf](https://portal.tpu.ru/SHARED/v/VOV/uchebnaya_rabota/Tab1/Tab1UP1.pdf). Last accessed 02.10.2023.

<sup>4</sup> Operation instructions for LFP-P batteries of lithium-ion series with a nominal capacity of 200 A·h, 240 A·h, 300 A·h, 380 A·h, 700 A·h, 770 A·h LT.38294932.3482.003–2016RE, 2016, 25 p.



Pic. 3. Comparison of traction properties of 2TE116 conventional and hybrid diesel locomotives [performed by the authors].

of traction battery cells with a nominal capacity of 770 Ah, which will operate on six parallel-connected traction electric motors of the diesel locomotive. Thus, the maximum permissible value of current from the traction battery on each electric motor will be, A:

$$I_{TEM}^{TB} = \frac{I_{TB}}{n_{TEM}} = \frac{770}{6} = 128,3, \quad (3)$$

where  $I_{TB}$  – value of the discharge current of the traction battery, A;

$n_{TEM}$  – number of traction electric motors per locomotive section, pcs.

The amperage on each traction electric motor is calculated based on the characteristics of the traction synchronous generator, which can be obtained from the Rules for Traction Calculations for Train Operation (RTC)<sup>5</sup>.

Accordingly, the amperage of the traction synchronous generator will be determined as, A:

$$I_{TEM}^{TSG} = \frac{I_{TSG}}{n_{TEM}}, \quad (4)$$

where  $I_{TSG}$  – value of the current of traction synchronous generator, A.

Thus, the final value on the locomotive traction electric motor is determined by the dependence, A:

$$I_{TEM} = I_{TEM}^{TSG} + I_{TEM}^{TB}. \quad (5)$$

Using equations (1–5), knowing the design parameters of the 2TE116 diesel locomotive, of

the GS-501A traction synchronous generator and of the ED-118A traction electric motor, it is possible to calculate the traction properties of the 2TE116 diesel locomotive with a traction battery.

The comparison of traction characteristics of 2TE116 conventional and hybrid diesel locomotives is shown in Pic. 3. The limiting adhesion value for a diesel locomotive cannot be expanded by increasing the torque of the traction electric motors, since this will lead to slipping of wheelsets and will not bring useful work [7]. The limiting conditions regarding design speed is determined based on the conditions of the permissible impact of the locomotive on the track, the running properties of the locomotive, the possibility of it derailing and the strength of its components and assemblies. For reasons of traffic safety, this restriction cannot be changed. From the calculations performed, it is clear that the use of a traction battery makes it possible to increase the traction force of a diesel locomotive by 25–35 % in continuous running mode.

From Rules for Traction Calculations<sup>5</sup> it follows that the choice of the estimated mass of the train is made based on the following relationship, t:

$$Q = \frac{F_{kd} - (w_0 + i_d) \cdot P}{w_0 + i_d}, \quad (6)$$

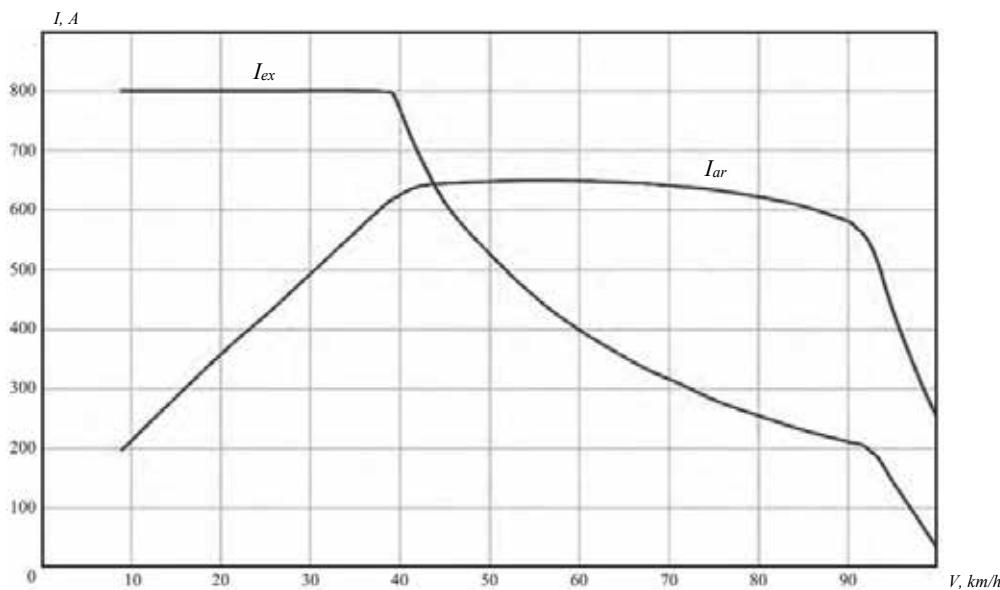
where  $F_{kd}$  – value of locomotive traction force at design speed, N;

$w_0$  – locomotive resistance to motion in traction mode, N;

$w''$  – train (wagons') resistance to motion in traction mode, N;



<sup>5</sup> Grebenyuk, P. T., Dolganov, A. N., Nekrasov, O. A., Lisisyn, A. L., Stromsky, P. P., Borovikov, A. P., Chukova, T. S. Rules for Traction Calculation for Train Operation. Moscow, Transport publ., 1985, 287 p. [Electronic resource]: <https://djvu.online/file/syjaetzWQPjhN>. Last accessed 02.10.2023.



*Pic. 4. Dependences of the armature current and excitation current of the ED-118A traction electric motor of the 2TE116 diesel locomotive [performed by the authors].*

$P$  – locomotive adhesion weight, t;

$i_d$  – design track grade, %.

The dependence (6) makes it clear that the main factor positively influencing the transported mass of the train is the estimated traction force of the locomotive. In accordance with RTC, the calculated traction force of the 2TE116 locomotive at a design speed  $v_d = 24,2$  km/h is 50600 kgf (496 kN). Once the dependence of the traction force on the speed of movement of the 2TE116 hybrid diesel locomotive is used, it becomes clear that the design speed is now observed for the adhesion limitation. Thus, the calculated value of the traction force for the adhesion limitation is 58200 kgf (571 kN). Based on this calculation, we can conclude that the actual transported mass of the train, when using a traction battery on a diesel locomotive, can be increased by approximately 15 %.

One of the advantages of using a traction battery is the ability to recover electrical energy into an electric energy storage device. Currently, diesel locomotives have implemented the possibility of electrodynamic, rheostatic braking, which implies the conversion of the electrical energy received during braking into heat.

Regeneration currents can be preliminarily estimated based on the effective dependence of the armature current of the traction electric motor ED-118A of the 2TE116 diesel locomotive, which is shown in Pic. 4.

The graph shows that the peak value of armature currents is observed at speeds of 40–80 km/h and amounts to 650 A. Thus, the traction battery must be designed to receive peak currents from six traction motors in the amount of 3900 A. However, under the manual for operation, the charging current is limited to 2310 A. In this case, a technical solution can be implemented to partially switch the three traction electric motors of the first bogie to the regenerative braking mode, and the remaining three electric motors of the second bogie can be switched to the rheostatic braking mode with connection to a braking resistor. In any case, the effectiveness of regenerative braking with energy transmission to the traction energy storage device will be determined by the current track profile and the number of activations of the rheostatic braking mode to stop the train or maintain a certain speed.

## CONCLUSIONS

The analysis of the possibility of using a traction battery on mainline locomotives showed that the use of a traction battery will make it possible:

1) to increase the tangential traction force on the locomotive by increasing the torque on the traction electric motors, which will increase the possible transported weight of the train by approximately 15 %;

2) to implement the recovery of electrical energy on autonomous rolling stock, which will

increase energy efficiency and ultimately increase the volume of transported goods.

Proposed circuit diagram and mathematical model of the electric drive of a diesel locomotive with a hybrid power plant consisting of a diesel engine and traction batteries allowed numerical studies of a diesel locomotive with a hybrid power plant that have shown that its efficiency as a traction unit increases by 15 %.

## REFERENCES

1. Soluyanov, Y. I., Fedotov, A. I., Akhmetshin, A. R. Application of intelligent electricity metering systems for timely adjustment of standard values for electrical loads calculation. *Proceedings of the 3rd 2021 International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering, REEPE 2021: 3, Moscow*. Moscow, 2021, 9388018. DOI: 10.1109/REEPE51337.2021.9388018.
2. Eremenko, M. N., Domozhirova, A. D., Upyr, R. Yu. Organisation of dispatching planning on sections with pusher locomotive traffic. *Sovremennye tekhnologii. Systemnyi analiz. Modelirovanie*, 2021, Iss. 1 (69), pp. 164–169. EDN: JBGLHJ.
3. Alternative traction technologies for shunting locomotives [Altenativnye tekhnologii tyagi dlya manevrovyykh lokomotivov]. *Zheleznje dorogi mira*. [Electronic resource]: <https://zdmira.com/articles/alternativnye-teknologii-tyagi-dlya-manevrovyykh-lokomotivov>. Last accessed 02.10.2023.
4. Stadler hybrid locomotive for Great Britain [Gibriddnyj lokomotiv kompanii Stadler dlya Velikobritani]. *Zheleznje dorogi mira*. [Electronic resource]: <https://zdmira.com/news/gibriddnyj-lokomotiv-kompanii-stadler-dlya-velikobritaniiprokhodit-ispytaniya>. Last accessed 02.10.2023.
5. Mohr, M., Peters, J. F., Baumann, M., Weil, M. Toward a cell-chemistry specific life cycle assessment of lithium-ion battery recycling processes. *Journal of Industrial Ecology*, 2020, pp. 1310–1322. DOI: 10.1111/jiec.13021.
6. Hamzi, I., El Bakkali, M., Aghoutane, M., Touhami, N. A. Conversion Efficiency Study of the Bridge Rectifier at 2.4GHz. *Procedia Manufacturing*, 2020, Vol. 46, pp. 771–776. DOI: 10.1016/j.promfg.2020.04.003.
7. Grishchenko, A. V., Grachev, V. V., Bazilevsky, F. Yu., Kurilkin, D. N. Assessment of the influence of spinning of wheelsets of diesel locomotives on their energy efficiency in operation [Otsenka vliyanija protsessov boksovaniya kolesnykh par teplovozov na ikh energeticheskuyu effektivnost v eksploatatsii]. *BRNI*, 2014, Iss. 4 (13), pp. 51–60. EDN: TMAMRT.
8. Buynosov, A. P., Durandin, M. G., Tutynin, O. I. Prospects for the use of electrical energy storage devices on multiple unit rolling stock [Perspektivy ispolzovaniya nakopitelei elektricheskoi energii na motorvagonnom podvizhnym sostave]. *Bulletin of Ural State Transport University*, 2020, Iss. 4 (48), pp. 35–45. EDN: TWNLKL. DOI: 10.20291/2079-0392-2020-4-35-45.
9. Golikov, I. Yu. Analysis and development of the power supply system for main pipeline facilities using renewable energy sources and a hybrid electrical energy storage device [Analiz i razrabotka sistemy elektrosnabzheniya obektov magistralnogo truboprovoda s ispolzovaniem VIE i nakopitelem elektricheskoi energii]. *Modern problems of development of the European North: Proceedings of All-Russian scientific-practical conference*, Ukhta, May 25–27, 2022. Ukhta, Ukhta State Technical University, 2022, pp. 8–11. EDN: PKOTAR.
10. Nikitin, V. V., Sereda, E. G., Trifonov, B. A. Principles of using a superconducting inductive energy storage device to increase the efficiency of the power plant of an autonomous vehicle with electric transmission [Printsipy ispolzovaniya sverkhprovodnikovogo induktivnogo nakopitelya energii dlya povysheniya ekonomichnosti silovoj ustanovki avtonomnogo transportnogo sredstva s elektricheskoi peredachei]. *News of higher educational institutions. Energy problems*, 2010, Iss. 1–2, pp. 62–70. EDN: LPCNRL.
11. Titova, T. S., Evstafiev, A. M., Nikitin, V. V. Application of energy storage devices to increase the energy efficiency of traction rolling stock [Primenenie nakopitelei energii dlya povysheniya energeticheskoi effektivnosti tyagovogo podvizhnogo sostava]. *Electrical engineering*, 2018, Iss. 10, pp. 21–25. EDN: VAKSSW.
12. Valinsky, O. S., Evstafiev, A. M., Nikitin, V. V., Telichenko, S. A. Structural and circuit solutions for transport hybrid power electric power plants [Strukturnye i skhemnye resheniya dlya transportnykh gibriddnykh silovyykh elektroenergeticheskikh ustanovok]. *Electronics and electrical equipment of transport*, 2019, Iss. 5, pp. 7–10. EDN: NRQWPA.
13. Valtsev, N. V., Barbin, N. M. Comparative analysis of the use of electrochemical batteries of different types as energy storage devices [Svravnitelnyi analiz primeneniya elektrokhimicheskikh akkumulyatorov raznykh tipov v kachestve nakopitelei energii]. *Electrical engineering*, 2023, Iss. 6, pp. 53–62. EDN: XQNLJP. DOI: 10.53891/00135860\_2023\_5\_53.
14. Buynosov, A. P., Durandin, M. G., Tutynin, O. I. Analysis of the use of a hybrid power source in the traction electric drive system of an electric train [Analiz primeneniya gibriddnogo istochnika pitanija v sisteme tyagovogo elektroprivoda elektropoezda]. *Bulletin of Transport of Volga region*, 2023, Iss. 3 (99), pp. 12–18. EDN: GNAHK.
15. Pavelchik, M. Increasing the efficiency of electric traction using energy storage devices. D.Sc. (Eng) thesis [Povyshenie effektivnosti elektricheskoi tyagi pri pomoshchi nakopitelei energii. Diss...dokt. tekhn. nauk]. Moscow, MIIT, 2000, 451 p. EDN: ZKVKT.
16. Shtang, A. A. Increasing the efficiency of electric transport systems based on the use of energy storage devices. Ph.D. (Eng) thesis [Povyshenie effektivnosti elektrotransportnykh sistem na osnove ispolzovaniya nakopitelei energii. Diss...kand.tekh.nauk]. Novosibirsk, NSTU publ., 2006, 233 p. EDN: NOCHWV.
17. Titova, T. S., Evstafiev, A. M., Izvarin, M. Yu., Sychugov, A. N. Prospects for development of traction rolling stock [Perspektivy razvitiya tyagovogo podvizhnogo sostava]. *Transport Rossijskoi Federatsii*, 2018, Iss. 6 (79), pp. 40–44. EDN: YSWXNR.

### Information about the authors:

**Kuznetsov, Grigory Yu.**, Ph.D. student at the Department of Electric Trains and Locomotives of Russian University of Transport, Moscow, Russia, [kuznetsov\\_gy@mail.ru](mailto:kuznetsov_gy@mail.ru).

**Loginova, Elena Yu.**, D.Sc. (Eng), Professor at the Department of Electric Trains and Locomotives of Russian University of Transport, Moscow, Russia, [ejy-loginova@mail.ru](mailto:ejy-loginova@mail.ru).

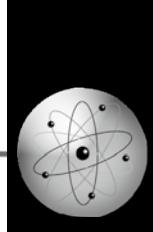
**Kudelin, Konstantin V.**, Ph.D. student at the Department of Electric Trains and Locomotives of Russian University of Transport, Moscow, Russia, [konstantin-97@mail.ru](mailto:konstantin-97@mail.ru).

Article received 04.05.2023, undated 18.12.2023, approved 26.12.2023, accepted 28.12.2023.

- World of Transport and Transportation, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 170–175

**Kuznetsov, Grigory Yu., Loginova, Elena Yu., Kudelin, Konstantin V.** The Use of Electric Energy Storage Devices to Improve Traction Properties of Autonomous Locomotives





# Updated Approaches to Criteria of Assessment of Dynamics in Wheel–Rail Contact Area



Petr E. EGOROV



Roman V. KOBLOV



Yaroslav A. NOVACHUK

Petr E. Egorov <sup>1</sup>, Roman V. Koblov <sup>2</sup>, Yaroslav A. Novachuk <sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Far Eastern State Transport University (FESTU), Khabarovsk, Russia.

✉ <sup>2</sup>romashka.one2007@rambler.ru.

## ABSTRACT

According to the Transport Strategy of the Russian Federation, unprecedented volumes of transportation along BAM and Trans-Siberian Mainline are planned thanks to an increase in train weight standards, traffic speed along the sections, efficiency of traction capacity of diesel locomotives. Similar tasks were already set in the 1970s. Their solution was complicated by insufficient experience (in light of the present state of knowledge) in development and use of frame support and combined traction drives on cargo diesel locomotives, and the lack of an objective idea of operating conditions in which the designed diesel locomotives would have to work. In this regard, the design of wheel-motor units (WMU) of diesel locomotive bogies with axial-supported suspension of traction drives was carried out based on generalised results of empirical studies of the dynamics of various types and series of locomotives.

The objective of the work is to develop a model of mathematical analysis and an algorithm for calculating the categories of dynamic forces and the speed of interaction of wheels of a cargo diesel locomotive in contact with rails at the design stage of development of traction drives to ensure their high technical and economic performance indicators under operating conditions.

Long-term monitoring of dependability of diesel locomotives on the Eastern section of BAM has allowed to identify system failures of the equipment of the locomotive's underframe, which confirm the bias

of the calculated design solutions for traction drives of diesel locomotives of modern TE25A, 2TE25KM and 3TE25K2M series, created in 21st century. System failures of WMU equipment of modern series (TE25KM) are a consequence of direct «mechanistic» borrowing of unsuccessful design solutions of universal diesel locomotive underframes (TE10 and TE116).

The article proposes a clarification of theoretical provisions for modelling qualitative criteria for dynamics in the contact areas of wheels with rails of traction drives of diesel locomotives at the design stage. The mechanism of interaction «wheel – rail» is supported by the mathematical theory of cycloid, a circle motion. The algorithm for estimating forces in the contact areas of wheels with rails is built on the theorems of classical theoretical mechanics of non-free movement of a wheelset and the laws of dynamics as an unchangeable holonomic system.

Clarifications were obtained for kinematics characteristics (angular velocity, angular acceleration); real centres of speed and acceleration of wheels; moments of inertia of rotating unsprung mass of wheel-motor units with axial-supported suspension of traction drives. The new approach makes it possible to quantify the criteria for dynamics in wheel–rail contact areas at the design stage, which were previously not amenable to calculation.

**Keywords:** railway transport, locomotives, non-free plane-parallel motion of wheels, translational speed of rolling stock, angular velocity, angular acceleration of interaction of tread circle of wheels with rails.

*For citation:* Egorov, P. E., Koblov, R. V., Novachuk, Ya. A. Updated Approaches to Criteria of Assessment of Dynamics in Wheel–Rail Contact Area. *World of Transport and Transportation*, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 176–181. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-4>.

*The original text of the article in Russian is published in the first part of the issue.*

*Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.*

## STATEMENT OF THE PROBLEM

### Relevance of Research

Despite the well-known achievements in design and development of domestic locomotives, the negative phenomena of structural failures of mechanical equipment of underframe have recently become the subject of active discussion in the circles of researchers, railway engineers and machine builders [1]. The reasons for this are:

1) To date, neither the customer, nor the transport machine builders meeting the orders, have a mathematical theory for design of more powerful mainline diesel locomotives with increased dependability indicators, improved dynamics and increased traction properties [2].

2) Design of the mechanical equipment of the underframe is carried out in accordance with GOST R [Russian state standard] 55513-2013 for static axial load, static safety factors and cyclic fatigue resistance, which cannot fully reflect the real criteria of forces and reactions of the loaded mechanical part of traction drives in operating conditions.

3) Solving problems of underframe dynamics in the case of non-free movement of material points of the wheel poles in contact with the surface of rails is carried out using approximate methods based on the average algebraic translational speed of the wheel centres, and «this is due, in particular, to the lack of a method for determining the angular speed  $\omega$  of wheels» [3].

4) Paradigms for modelling dynamic loads acting on the contact areas of wheels with rails and the sprung masses of the underframe of diesel locomotives are based only on the characteristics of geometric disturbances from the state of the rail surfaces (reduced to gravitational acceleration), which are used to evaluate the dynamic properties, strength and durability of structures at the design stage.

Based on own research experience, it can be noticed that until the present period, the most important laws of dynamics, the categories of forces and speeds of interaction of wheels and rails that underlie the processes of operation of mechanisms, have not been fully studied and adapted. The resulting cause-and-effect state in this process was reinforced by the erroneous position of researchers and engineers declaring in fact that nature has deprived railwaymen of the laws of mechanics. Let's look at whether this is true using domestic examples.

### Domestic Scientific and Theoretical Base for Research

The practical need for in-depth scientific and theoretical studies of assessment of dynamic constant and variable forces and reactions of interaction of steam locomotive wheels in contact with rails, depending on the speed of movement, was determined by train accidents (1883, 1888) on the Russian railways. The wrecks became the main motive of Professor Nickolay P. Petrov [1836–1920] for studying the influence of several phenomena that accompanied mediums of causes that at the epoch did not have theoretical rationale and algorithms for assessing, namely the permissible limits of stress  $[\sigma]$  in rails (in contact with wheels) [4].

Knowing the law of unfree and forced movement of a material point along a given fixed surface, considering the connections imposed on it, Professor N. P. Petrov began to identify the forces acting on it. Using this approach, a simulation mathematical model of analysis and algorithms for determining the numerical values of the vectors were developed, namely of horizontal traction forces, which in a certain way depend on time and on speed of the locomotive; vertical centrifugal forces of rotating masses perceived by rails at translational and rotational speeds of wheels, their adhesion to rails. The simulation mathematical models were based on the Zimmermann and Clapeyron equations. Model based on Clapeyron's equations proved to be the priority one because of the most objective convergence with reality.

To confirm the scientific validity of the theory, N. P. Petrov clarified and corrected the results of previous experiments performed by other scientists. Calculated values of dynamic loads from wheels on rails had convergence with experimental data in the range from plus 3,9 % to minus 1,8 % (in kilograms of force) [4].

According to the conclusion of N. P. Petrov, this theory «freed us from the need to make assumptions about some semblance of existing reality and allows us to evaluate the complete separate influence of each factor, which was impossible in experiments». Subsequently, N. P. Petrov's theory was developed in the research and scientific works of Professors S. P. Timoshenko, A. L. Vasyutinsky, G. M. Shakhunyants and others, in the field of interaction of rolling stock and track.

In 1897, according to the design of N. P. Petrov, a passenger steam locomotive was



created at Putilov plant. The diameter of the locomotive's driving wheels was 2000 mm. With a train weighing 250 tons, it reached an average speed of 78 km/h. Steam locomotives of this series were used until 1911 for courier trains [long distance trains with comfortable compartments running at higher speed], and until the 1930s, in local traffic [5].

### Problems of the Current Moment

The intensive transition to advanced types of traction (diesel locomotives, electric locomotives) has determined several new dynamic properties of bogie underframes with individual wheelset drives. The problems that arose had not got previously an objective scientific and theoretical analysis and explanation, which led to the need to study them in the process of experimental research.

It should be noted that during the experiments a few main factors were not identified: the traction force of WMU and individual units of multiple locomotives, the maximum moments of the inertia of the rotating masses of WMU and a number of others [6]. Numerical criteria for forces of interaction between wheels and rails were calculated from the amplitudes and accelerations of the sprung part of the bogies and body, reduced to their gravitational acceleration in fractions of  $g$ , as well as from the dynamic coefficients of the sprung parts  $K_d$ , depending on the translational speed of various types of locomotives [6].

Solving the difficult problems of improving the dynamics of traction drives of diesel locomotives, A. I. Belyaev [7] drew the attention of the scientific community to the different vibration state of the axlebox units of wheelsets, with the axial support suspension of traction drives. In the process of carefully prepared and performed experiments, he established that the measured unit of vibration acceleration of the axlebox in fraction  $g$  (from the side of the gear reducer) corresponded each time to an uncertain (random) value of vertical amplitudes of disturbances coming from the rail track, in comparison with the opposite axlebox.

By mathematical simulation modelling of vibrations of diesel locomotive components (for TE10L, TE10V, TE116, TEM7 series), in comparison with statistical and probabilistic experimental data, A. I. Belyaev established the existence of dependences of vibration amplitudes of axle box units on conservative forces

determined by the unsprung masses of various types of drives. However, these dependencies, due to insufficient analytical argumentation, have made experts distrust them for a long time. At the same time, most of the known models, with rare exceptions, are built based on approximate linear differential equations of forced sinusoidal vibrations of bogie frames and bodies. The mathematical essence of such forecasting reflects an insufficient understanding of the practical laws of harmonic oscillations and the dynamics of the WMU system, in particular, of the existing kinematic and dynamic factors in the contact areas of wheels with rails, when the point of the wheel  $T$  (point of contact with the rail) is forced to move along a given fixed surface of the rail of an unpredictable physical condition.

Based on the definition of dynamics, it has only one characteristic point that is the speed. However, to this day, researchers have got yet insufficient understanding of the nature of the relationships between the mechanism of rolling and the mathematical essence of the convergence of equations (in a particular case) of the kinematics of translational-rotational motion of a wheel: of translational, circumferential and angular velocity; tangential, normal and angular accelerations with uniform motion of the locomotive and uniform rotation of the wheel [3].

This is mainly because the authors of modern textbooks on theoretical mechanics and of monographs offer a few contradictory interpretations of the laws of dynamics and theorems of plane-parallel motion of the poles of driving wheels, in particular, the points of their contact with rails. For example, the rolling of a wheel on a straight rail is considered only as translational one at the speed of the centre of the wheel. Thus, complex movement of points – poles of the sections of the rolling circles of wheels – is taken to be identical to the translational motion of the locomotive, in which all its points move in the same way as arbitrarily chosen poles – the centres of wheels [8; 9].

The works [10–12] proposed for the first time adapted methods and algorithms that make it possible to objectively solve problems of the dynamics of non-free, plane-parallel and translational-rotational motion of a wheel pole, when a point is forced to move along a given fixed surface or curve. The technique makes it possible to determine: a) the law of motion of points of the circle of the section of the profile

of railway wheels corresponds to the hodograph of the cycloid, preserving the relationships and ratios of the diameters of the wheels of one wheelset with the translational speed of the diesel locomotive; b) the resulting speed  $V_A$  of point  $A$  (belonging to the tread circle of the wheel) on any section of the transcendental trajectory of the cycloid (from 0 to  $\pi$ ), taking into account the diameter of driving wheels, the position of the wheelset in the rail track and time; c) the speed of interaction of wheels with rails  $V_p$  depending on the translational speed  $V_0$  of the diesel locomotive; d) angular speed  $\omega$  of interaction of wheels with rails; e) angular centripetal acceleration  $\varepsilon_c$  at the contact areas of wheels with rails.

### Determination of angular acceleration in contact of a wheel with a rail

One of a set of reasons for a certain underdevelopment of the theory of «wheel-rail» interaction [13] is that the non-free movement of locomotive wheels belongs to little-studied sections of theoretical and applied mechanics [9]. The basis of contradictions, in particular, is dominated by the lack of an adapted practical methodology and algorithm that makes it possible to determine the numerical values of the angular (centripetal) acceleration of the point of the centre of the mass of the driving wheel, which is its pole and point of contact with the rail.

The objective of the work is to update and describe mathematical equations of angular acceleration and develop a mathematical algorithm for solving problems, with high validity of estimates of acceleration criteria in the «wheel-rail» contact point, based on cycloid theory, instantaneous angular velocity of the point of the tread circle of each individual wheel of the wheelset in contact with the rail, considering the design and technical parameters of WMU.

### METHODOLOGY, RESULTS, DISCUSSION

Methodological approaches to solving problems of estimating angular accelerations, in a particular case, require clarification and justification of features of the theoretical provisions of the kinematics and dynamics of the constrained, complex, translational-rotational movement of locomotive wheels. For example, the rotation of wheels (wheelset) pressed onto an axle. The law of rotational motion of the wheel is expressed by the equation:

$$\varphi = f(t). \quad (1)$$

The angle  $\varphi$  is always measured in radians. The main kinematic characteristics of rotational motion of the wheel are its angular speed  $\omega$  and angular acceleration  $\varepsilon$ . The angular speed at a given time  $t$  is expressed by the equation:

$$\omega = d\varphi/dt. \quad (2)$$

If the angular speed of the wheel remains constant ( $\omega = \text{const}$ ), then the rotation of the wheel is called uniform:

$$\omega = \varphi/t. \quad (3)$$

In technology, the speed of uniform rotation is often determined by the number of revolutions per minute, denoting this value by  $n$ , rpm. Relationship between  $n$ , rpm and  $\omega$  – 1/sec. With one revolution the wheel rotates through an angle of  $2\pi$ , and with  $n$  revolutions for an angle  $2\pi n$ , this rotation is made in time  $t = 1 \text{ min} = 60 \text{ sec}$ . Based on this it follows that:

$$\omega = \pi n/30 \approx 0,1 \text{ n}. \quad (4)$$

It should be especially emphasised that the dimension of  $n$  is not the angle, but the angular speed. Then the angular acceleration at a given time will be numerically equal to the first derivative of the angular speed with respect to time:

$$\varepsilon = d\omega/dt. \quad (5)$$

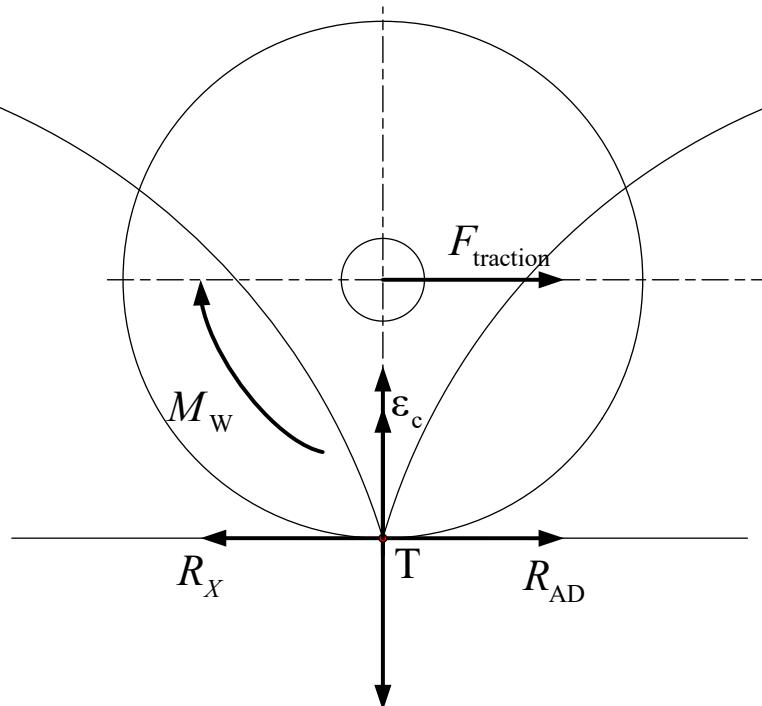
The unit of measurement is usually 1/sec<sup>2</sup>.

Having established the characteristics of the angular speed of the wheel's tread circle as a whole, it is necessary to move on to explaining movement of its individual points [10; 14]. To forestall contradictions and discussions, it is necessary to recall that the law of motion of the conditional point of the circle of cross-section of the driving wheel has a mathematical description of an ordinary cycloid. With a wheel (tread circle with radius  $r$ ) motion, the conditional point  $A$  will describe a cycloid, the plane of which is perpendicular to the axis of rotation, but the centre of rotation will be at point  $T$ , at the pole on the fixed surface of the centroid (surface of the rail head).

It should be noted that the angular speed of rolling of the cross-sectional circle of the rim differs from the linear or circumferential speed of point  $A$  [10; 14].

The mathematical law of uniform, plane-parallel movement of wheel cross-section points without slipping at the poles, is represented by a mathematical transcendental function – a cycloid, which preserves the relationships and ratios of acceleration vectors at the wheel pole. This law is determined by the equations of kinematics of translational, resultant and angular





**Pic. 1. Trajectory of movement of point A of the wheel cross-section (cycloid lines), vectors of angular acceleration  $\epsilon_c$ , moment  $M_w$ , in contact of the wheel with the rail, vectors:  $F_{\text{traction}}$  – traction forces,  $R_r$  – rail reactions,  $R_{\text{AD}}$  – force reflecting adhesion in a state of equilibrium (identical to  $R_x$ ),  $K_o$  – impulse of resultant forces [performed by the authors].**

speeds for uniform motion of the wheelset and by angular acceleration at the conditional cusps of an ordinary cycloid, and the theorems of N. E. Zhukovsky, D'Alembert [15].

With this approach, the law of motion of a material point along the surface of the rail is equal to:

$$V_0 = \frac{dS}{dt}, \quad (6)$$

where  $V_0$  is translational speed of the wheel.

Provided that the wheel rotates uniformly, we can determine the linear speed of point A, which is located on the tread circle of the wheel rim:

$$V_A = V_0 = \frac{dS}{dt} = (r\varphi) = r \frac{d\varphi}{dt} = r\omega. \quad (7)$$

According to the properties of the cycloid [10–12; 14], we obtain the equation for the linear resulting speed vector:

$$V_A = 2V_0 \cdot \cos\alpha. \quad (8)$$

From the condition that the contact pole of the wheel T with the rail does not slide along the rail, then the vector of the linear resulting speed of the wheel point  $V_A$ , which is directed at an angle  $\cos 45^\circ$  to the translational speed of the wheel center  $V_0$ , which corresponds to  $\frac{\sqrt{2}}{2}$ , we find:

$$V_A = 2V_0 \frac{\sqrt{2}}{2} = V_0\sqrt{2}. \quad (9)$$

Consequently, identity (9) excludes the doubts of Professor M. F. Verigo [3] and allows determining the instantaneous angular speed of interaction of the tread circle of each wheel of the wheelset with the rail:

$$\omega_T = \frac{V_A}{r}. \quad (10)$$

Formula (10) shows that  $V_A$  represents the instantaneous speed of interaction of the wheel cross-section with the rail at the T pole. This speed is mathematically justified by a parametric relationship with the diameter of the tread circle. Along with this, the vector of the resulting speed  $V_A$ , tangent to the cycloid, always passes through the upper point of the diameter of the tread circle. And the normal to the tangent always passes through the pole T [10–12; 14]. In accordance with the transcendence of the cycloid, each hodograph has its own constant  $k$ :

$$k = \sqrt{\frac{1}{2r}}. \quad (11)$$

According to condition (10), when we know the module of the average algebraic translational speed  $V_0$ , the numerical value of the gear ratio  $\mu$  of the traction gear reducer of the wheel-motor unit, the diameter of the tread circles of the wheels, we determine the angular speed of interaction of the wheel with the rail for any section of the profile of

one wheelset. In this case, the linear speed  $V_0$  must be expressed in radians per second, then:

$$V_0 = \frac{\pi n}{30} r, \quad (12)$$

$$\omega_T = V_T = V_0 \sqrt{2}, \quad (13)$$

$$\omega_T = \frac{\pi n}{30} r \sqrt{2}. \quad (14)$$

If the angular speed is a constant value  $\omega = \text{const}$ , then the vector of normal angular acceleration of the pole  $T$  will be directed as normal to the transcendental hodographs of the moving centroid's point<sup>1</sup>. Consequently, acceleration of the material point of the wheel corresponds in absolute value to the centripetal acceleration  $\varepsilon_c$ , the vector of which is always directed from point  $T$  to the centre of the axis of the circle  $O$  of the section of the complex profile of the wheel (Pic. 1):

$$\varepsilon_c = \frac{\pi^2 n^2}{900} r \sqrt{2}. \quad (15)$$

## RESULTS

Thus, development of a methodology for determining the category of speed of complex translational and rotational motion of a locomotive wheel makes it possible to solve the Newton's first and second law problems and determine the reactions of superimposed relationships. The basic law of dynamics for non-free movement of a wheel point will take the form:

$$\sum m_w \varepsilon_c = \sum F^a + N, \quad (16)$$

where  $F^a$  are active constant and variable forces acting on the  $T$  pole;

$N$  – reaction of a flat surface of a stationary centroid (rail) to the influence of a wheel pole, considering the convergence of active forces and speed.

## REFERENCES

1. Gapanovich, V. A., Popov Yu. I. On the interaction of the dynamically loaded mechanical part of electric

<sup>1</sup> Bat, M. I., Dzhanelidze, G. Yu., Kelzon, A. S. Theoretical mechanics in examples and problems. In 3 volumes. Volume 1. Statics and kinematics. Moscow, Nauka publ., 1967, 512 p.

locomotives and infrastructure [*Ovzaimodeistvii dinamicheski nagruzhennoi mekhanicheskoi chasti elektrovozov i infrastruktury*]. *Locomotive*, 2021, Iss. 5 (774), pp. 2–5. EDN: UMAZYL.

2. Valinsky, O. S. Locomotive traction: present situation and challenges for the future [*Lokomotivnaya tyaga: nastoyashchee i zadachi na budushchee*]. *Locomotive*, 2017, Iss. 12 (732), pp. 2–6. EDN: ZVRVEV.

3. Verigo, M. F., Kogan, A. Ya. Interaction of track and rolling stock [*Vzaimodeistvie puti i podvizhnogo sostava*]. Moscow, Transport publ., 1986, 558 p.

4. Petrov, N. P. Wheel pressure on rails of railways, rail strength and track stability [*Davlenie koles na relsy zheleznykh dorog, prochnost relsov i ustochivost puti*]. Petrograd, Printing shop of the Partnership of Electro-printing house of N. Ya. Stoikov, 1915, 263 p.

5. Karyanin, V. I. Memorial sign to the scientist-innovator [*Pamyatniy znak uchenomu – novatoru*]. *Locomotive*, 2020, Iss. 6 (762), pp. 46–48. EDN: QPLZTR.

6. Korolev, K. P. Bogie underframes of locomotives for increased speeds [*Telezhechnie ekipazhi lokomotivov dlya povyshennykh skorostei dvizheniya*]. *Trudy VNIZhT*, 1962, Iss. 248, 304 p.

7. Belyaev, A. I. Dynamic properties of traction drives of diesel locomotives and the possibility of their improvement. D.Sc. (Eng) thesis [*Dinamicheskie svoistva tyagovykh privodov teplovozov i vozmozhnosti ikh uluchsheniya. Diss... dokt.tekh.nauk*]. Moscow, MIIT, 1978, 394 p.

8. Garg, V. K., Dukkipati, R. V. Dynamics of railway vehicle systems. [Russian edition title: *Dynamika podvizhnogo sostava*]. Moscow, Transport publ., 1988, 391 p. ISBN 5-277-00226-X (pvc.), ISBN 0-12-275950-8 (English).

9. Gura, G. S. Rolling of bodies with friction. Fretting [*Kachenie tel s treniem. Fretting*]. Sochi, Doria Printing Centre LLC, 2009, 295 p. ISBN 978-5-94945-020-8.

10. Novachuk, Ya. A., Nikitin, D. N., Koblov, R. V., Teplyakov, A. N. New paradigm of «wheel–rail» kinematics. *Izvestia Transsiba*, 2014, Iss. 3 (19), pp. 24–31. EDN: SYLZDD.

11. Koblov, R. V., Egorov, P. E., Novachuk, Y. A. New Perusal of Locomotive Traction Force Formation Mechanism. *World of Transport and Transportation*, 2016, Iss. 5 (66), pp. 6–18. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2016-14-5-1>.

12. Novachuk, Ia., Koblov, R., Teplyakov, A., Egorov, P. Innovative Method of Determination of Speed of Interaction of Wheels with Rails. 15<sup>th</sup> International Scientific Conference «Procedia Engineering». St. Petersburg, 2016, Vol. 165, pp. 1503–1511. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.886.

13. Mitrokhin, A. N. «Wheel–rail»: A more advanced theory is required [*Koleso-rels*: *Trebuetysya bol'se sovershennaya teoriya*]. *Zheleznodorozhniy transport*, 1998, Iss. 7, pp. 41–44.

14. Novachuk, Ya. A., Nikitin, D. N., Koblov, R. V. Kinematics of Interaction between the Wheel and the Rail. *World of Transport and Transportation*, 2012, Iss. 4 (42), pp. 16–19. EDN: PFFKJP.

15. Zhukovsky, N. E. Kinematics, statics, dynamics of a point [*Kinematika, statika, dinamika tochki*]. Moscow, Oborongiz publ., 1939, 403 p.

### Information about the authors:

**Egorov, Petr E.**, Senior Lecturer at the Department of Railway Transport of Far Eastern State Transport University (FESTU), Khabarovsk, Russia, [P.E.Egorov@rambler.ru](mailto:P.E.Egorov@rambler.ru).

**Koblov, Roman V.**, Senior Lecturer at the Department of Railway Transport of Far Eastern State Transport University (FESTU), Khabarovsk, Russia, [romashka.one2007@rambler.ru](mailto:romashka.one2007@rambler.ru).

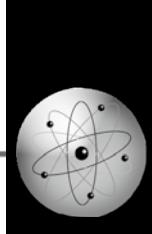
**Novachuk, Yaroslav A.**, Ph.D. (Eng), Associate Professor at the Department of Railway Transport of Far Eastern State Transport University (FESTU), Khabarovsk, Russia, [novachuk@inbox.ru](mailto:novachuk@inbox.ru).

Article received 06.12.2022, updated 07.05.2023, approved 27.08.2023, accepted 29.08.2023.

• *World of Transport and Transportation*, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 176–181

**Egorov, Petr E., Koblov, Roman V., Novachuk, Yaroslav A. Updated Approaches to Criteria of Assessment of Dynamics in Wheel–Rail Contact Area**





# Positioning of Wheelsets When Measuring Linear Parameters



Vladimir S. KRASILNIKOV

**Vladimir S. Krasilnikov**

*Samara State Transport University, Nizhny Novgorod Branch, Nizhny Novgorod, Russia.*

*ORCID: 0000-0002-8592-0396; Russian Science Citation Index Author ID: 1112077; Russian Science Citation Index SPIN-code: 2304-4962.*

*✉ vskrasilnikov@ya.ru*

## ABSTRACT

Positioning equipment refers to devices for moving objects, namely lifting devices, and are used in various branches of mechanical engineering, including railway engineering. Devices of this type are relevant for use in measuring technology for positioning rotating parts. The positioning device is usually used as part of equipment for measuring and monitoring the dimensions of wheelsets.

The purpose of the study was to consider various methods and devices for positioning wheelsets, to identify their advantages, constraints and disadvantages.

The objective of the research was to develop a new positioning device intended to improve dependability of operations, expand the range of application and functionality. The article provides recommendations for creating a more universal positioning device suitable for use with various types of wheelsets.

**Keywords:** railway transport, positioning, movement, transfer, wheelset, measuring system, linear parameters, measuring position.

---

*For citation:* Krasilnikov, V. S. Positioning of Wheelsets When Measuring Linear Parameters. *World of Transport and Transportation*, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 182–188. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-5>.

---

*The original text of the article in Russian is published in the first part of the issue.*

*Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.*

## INTRODUCTION

Positioning devices are used in railway engineering in production of wheelsets, as well as at railways' maintenance and repair facilities in the process of repairing and assembling wheelsets. The positioning device is designed to move the wheelset from the rail track to the measuring system to the point (position) of measuring linear parameters after repair or assembling of the wheelset to check the dimensional accuracy, including after reprofiling its tread surface. The positioning device is usually used as part of technological equipment for repair of wheelsets [1; 2], and, in particular, as part of systems for measuring the linear parameters of the elements of wheelsets [3–6], by which their service life is assessed [7–9].

Using a *comparative analysis*, the study described in the article examines the advantages and limitations of known positioning methods and devices. The disadvantages of existing devices are associated with the low positioning accuracy of the wheelset, due to errors in its placement relative to the measuring system, as well as to measurement errors arising from vibration of the wheelset when it rotates in the measurement position.

The *objective* of the research was to develop a new positioning device intended to overcome the shortcomings of known devices and increase the dependability of their operation. The article provides recommendations for further development of a more universal positioning device for various types of wheelsets.

## RESULTS

### Historical Background of Known Devices for Positioning of Wheelsets

Wheel positioning devices have been used in measurement technology for over 40 years. One of the earliest devices of this kind was the device proposed by H. Wittkopp and H. Gruteser in 1981 from Wilhelm Hegenscheidt GmbH [10]. In this device, the units that provide locating of the wheelset are structurally separated, namely, it provided for locating device and the test bed table, which is used as a lift for the wheelset. However, this division led to the need for an additional operation to move the wheelset from the test bed table to the locating device, which complicated the measurement process, and thus, if considered from modern times, was a certain disadvantage of the device.

In 1988, in application No. 262425 PRL [then Polish People's Republic], another device for positioning was proposed [11]. This device [11], described in detail in [12], has a locating device and a test table with supports designed to accommodate a wheelset. The locating device [11] was thus combined with the test bed table, in contrast to the previous device [10]. This combination led to a simplified design but reduced the accuracy of measurements since the wheelset is subject to shocks and impacts during its placement on the table and is also subject to vibration during subsequent rotation. This leads to runouts (due to deviations from the nominal dimensions of the wheelset and test bed table), which reduces the accuracy of measurements.

Another disadvantage of the device [11] is the low positioning accuracy associated with large tolerances [possible tolerances are described in<sup>1</sup>] for deviation from the concentricity of the tread circle and for deviation of the height of the wheel ridges (up to 1 mm). Another disadvantage is insufficient stability of the wheelset, which occurs because the wheelset is placed on supports through contact with the wheel flanges.

### Device with Increased Positioning Accuracy

In 2007, with participation of the author of the article, a device for positioning a wheelset with increased accuracy was developed [13]. The purpose of creating the device was to improve the positioning accuracy and stability of wheelsets of type RU1–950 and RU1SH-950 of cargo wagons on 1520 mm gauge mainline railways.

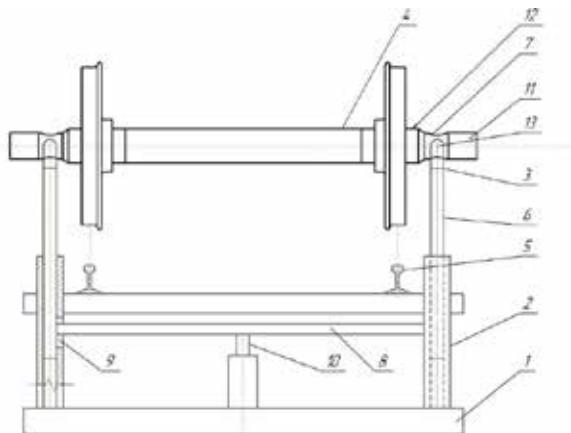
These wheelsets<sup>2</sup> were produced until 2006 with a nominal diameter of 950 mm. The structural diagram of the positioning device [13] is shown in Pic. 1.

On the horizontal base 1 of the device [13], vertical guides 2 are fixed, which are made in the form of pipes. Inside the guides 2 there are movable racks 6, on which supports 3 are installed to accommodate the wheelset 4 when removed from the rails 5. The racks 6 are located

<sup>1</sup> Instruction TsV-944 for inspection, certification, repair and assembling of wagon wheelsets. Approved by the Ministry of Railways of Russia dated June 20, 2003, No. TsV-944. Valid since 2006–01–01. [Electronic resource]: <https://docs.cntd.ru/document/1200102226>.

<sup>2</sup> GOST [Russian state standard] 4835–2013. Wheelsets of railway cars. Technical conditions. Introd. 2014–01–07 by order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated November 8, 2013, No. 1421-st. Moscow, Standartinform, 2014, 66 p.





*Pic. 1. Device for positioning a wheelset [13]: 1 – base, 2 – guides, 3 – supports, 4 – wheelset, 5 – rails, 6 – racks, 7 – fillet transitions, 8 – crossbar, 9 – slots in the guides, 10 – movement mechanism, 11 – neck of the axle, 12 – pre-hub part of the axle, 13 – area of contact between the support and the fillet transition.*

at a distance between them equal to the distance between the fillet transitions 7 and are connected by a crossbar 8. The guides 2 have slots 9, in which crossbar 8 moves. Crossbar 8 rests on the vertical movement mechanism 10 installed on the base 1. The supports 3 are made in the form of V-shaped cradle for interaction with the surface of the fillet transitions 7, located between the cylindrical part of the neck 11 and the pre-hub part 12.

The contact surfaces of the supports 3 are made as mating and responding the generatrix of the fillet transitions 7, that is, the cross-section of the contact surfaces of the supports 3 around contact 13 of the support and the fillet transition coincides with the cross-section of the surface of the fillet transitions 7.

The set task to increase the positioning accuracy and the stability of the wheelset was solved in the device [13] through making the supports in the form of V-shaped cradles. The main feature of the device [13] is that the contact surface of the supports is made as mating the generatrix of the fillet transition surface (the reduction of the diameter of the axle neck in the fillet area<sup>1</sup> reaches 0,45 mm), and the distance between the racks is chosen equal to the distance between the fillet transitions. This design of the device [13] made it possible (by moving the supports under the indicated fillet transitions) to reduce the positioning error introduced by the mechanical components of the device [11] when the supports interact with the wheel flanges. This reduction is ensured by the fact that the tolerances on the dimensions of the fillet transitions (0,2 mm [8]) are five times smaller than the tolerances on the dimensions of the diameter of the wheels

of the wheelset, measured along their ridges (about 1 mm). Thus, the positioning accuracy of the wheelset axis in [13] was increased to  $\pm 0,2$  mm.

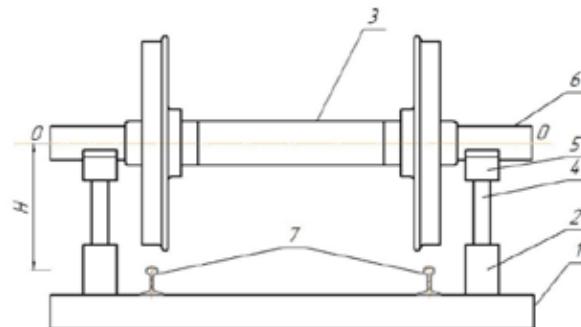
The stability of the wheelset in the device [13] is increased due to a significant reduction in the height of the wheelset in relation to the supports, since the diameter of the fillet transitions (about 130 mm) with which the wheelset rests on the supports is much smaller than the diameter of the wheels (950 mm).

An additional factor increasing the stability of the wheelset in the device [13] is due to an increase in the distance between the supports to attain the distance between the fillet transitions (1874 mm), which exceeds the distance between the wheel flanges by 402 mm (1472 mm).

The location of the racks 6 at a distance between them equal to the distance between the fillet transitions and directly under the supports in the device [13] eliminates the possibility of bending deformation of the support mounts that occurs when the wheelset is supported by the wheel flanges on the protruding supports of the test bed table (which is observed in the device [11]) and allows further improving positioning accuracy.

The special design of the contact surface of the supports in the form of a reciprocal generatrix of the fillet transition surface makes it possible to reduce the specific pressure on the supports from the side of the wheelset, which helps prevent local wear of the contact surface of the supports, resulting in increased positioning accuracy during long-term operation of the device [13].

Making the supports in the form of V-shaped cradles makes it possible to install the wheelset



**Pic. 2. Schematic image of the device for moving wheelsets: 1 – base, 2 – mechanism for vertical movement of the wheelset, 3 – wheelset, 4 – moving part of the vertical movement mechanism, 5 – supports with flat pads, 6 – axle neck, 7 – rail track, O-O is the geometric axis of the wheelset, H is the height of the location of the geometric axis of the wheelset located at the measurement position [14].**

symmetrically with respect to the axial vertical plane, as well as with respect to the transverse vertical plane of the positioning device, which simplifies the process of installing the wheelset in the measurement position. The choice of the method of placing the wheelset by contacting the fillet transitions with supports made in the form of V-shaped cradles, the contact surface of which corresponds to the generatrix of the fillet transitions surface, makes it possible to fix the wheelset in both the transverse and longitudinal directions. This ensures reliable fixation of the measured object relative to the selected coordinate system.

However, this device [13] also has constraints and disadvantages, namely, there is no possibility of using the device for wheelsets of different types – for wheelsets with different distances between the fillet transitions of the axle journals and with journals of different diameters.

### **Device for Positioning Wheelsets with Axle Journals of Different Diameters**

The next stage in author's development of positioning devices was associated with a new device for moving (positioning) wheelsets, in 2022 [14]. The development of this device is aimed at ensuring the preservation of the surface of the axle journals, increasing the dependability of the device and expanding the scope of application for wheelsets of various types, namely, for wheelsets with different distances between fillet transitions and with axle journals of different diameters.

Pic. 2 shows a schematic image of the device [14], Pic. 3 shows a section along the transverse (radial) vertical plane of the mechanism for vertical movement of the wheelset, and Pic. 4 shows a fragment of a device for moving

(positioning) [14] as part of an automated system for non-contact measurement of the geometric parameters of wheelsets<sup>3</sup>, developed based on the principles of creating a device for measuring the linear dimensions of wheelsets [15].

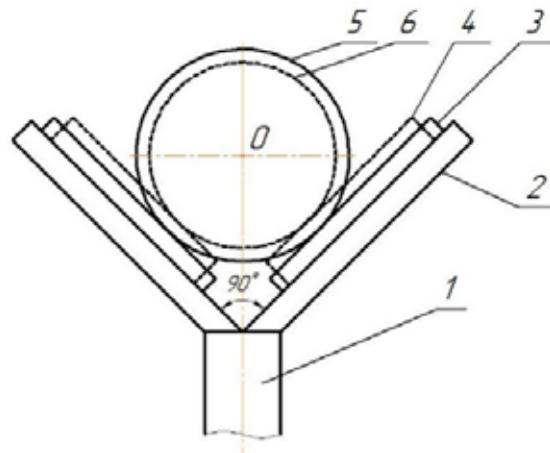
On the base 1 of the device [14] (see Pic. 2), a vertical movement mechanism 2 is fixed, on the moving parts 4 of which supports 5 are attached to accommodate the journals 6 of the axle of the wheelset 3. The mechanism 2 includes hydraulic cylinders (not shown in Pic. 2).

The supports 5 are V-shaped and have flat replaceable pads installed on them. The thickness of the pads is selected for each type of wheelset separately depending on the diameter of the axle journals 6 to ensure the level of the position of the geometric axis of the wheelsets 3 with journals of different diameters at the same height  $H$  in the measurement position. Height  $H$  is measured from the level of the rail heads to the level of the geometric axis of the wheelset at the measurement position.

A distinctive feature of carrying out measurements in the device [14] is that the wheelset 3 is raised to the measurement position to a given height  $H$  using mechanical contact of the flat pads of the supports 5 with the cylindrical axle journals 6 of the wheelset 3. Next, the wheelset is fixed in the measurement position in the system<sup>3</sup> for measuring the linear parameters of wheelsets [15], then rotation of the wheelset 3 is switched on and its linear parameters are measured. After the measurements are taken, all operations are performed in the reverse order and the wheelset is lowered onto the rail track 7. Pic. 3

<sup>3</sup> «Geopar» Automated systems for non-contact measurement of geometric parameters of wheelsets. Technical specifications. TS 3138-076-52473498-2008 (NZhSA.401.722.000 TS). Introd. 2008-08-08, 22 p.





**Pic. 3. Location of the journals of the wheelset axles in the measurement position on the support pads of the device for moving the wheelsets (section along the transverse vertical plane of the vertical movement mechanism in Pic. 2): 1 – moving part of the movement mechanism, 2 – support, 3 and 4 – pads of different thickness, 5 and 6 – journals of different diameters, O – geometric axis of the wheelset [14].**

shows the location of the axle journal on the support pads of the vertical movement mechanism of the device for moving wheelsets [14].

The moving part 1 of the vertical movement mechanism (see Pic. 3) contains supports 2 with pads 3, 4 of different thicknesses, which ensure the location of journals 5, 6 of different diameters in the wheelset measurement position. The angle between two parts of the supports is 90 degrees.

Pic. 4 shows a fragment of a device for moving wheelsets [14], which is part of the system<sup>3</sup> for measuring geometric parameters.

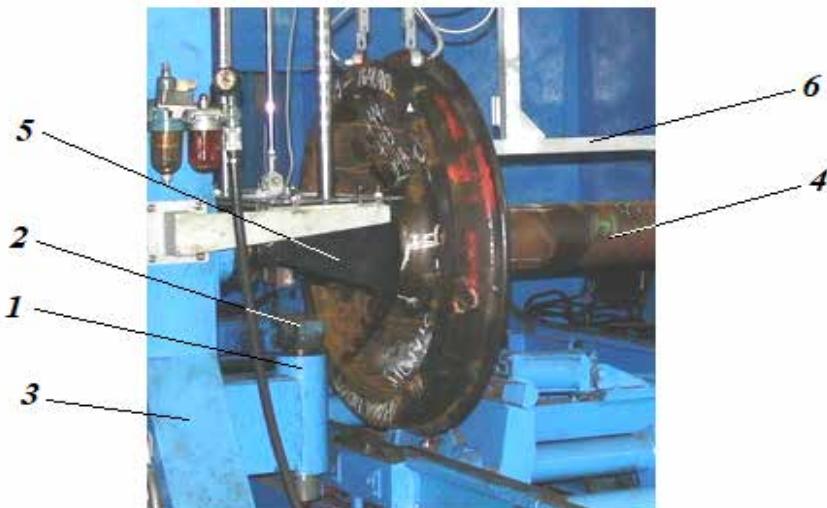
A device for moving wheelsets [14], including a vertical movement mechanism 1 (hydraulic

cylinder) and a support 2 with pads, is part of the system for measuring geometric parameters, including a stand 3, a block 5 for measuring the diameters of the axle neck and a block 6 for measuring the diameters of the wheelset axle 4.

When determining geometric parameters, each measurement was repeated five times ( $n = 5$ ). The arithmetic mean value was taken as the measured value  $D_{meas}$ :

$$D_{meas} = \frac{D_1 + D_2 + \dots + D_n}{n}.$$

The absolute error for each measurement result was determined as the difference between the arithmetic mean value of the parameter



**Pic. 4. Fragment of a device for moving wheelsets as part of the system<sup>3</sup> for measuring geometric parameters: 1 – mechanism for vertical movement of a wheelset to the measurement position (hydraulic cylinder), 2 – support with pads, 3 – installation stand for measuring geometric parameters, 4 – wheelset in measurement positions, 5 – block for measuring the diameters of the axle journal, 6 – block for measuring the diameters of the wheelset axle [14].**

measurement result and the actual size  $D_{act}$  of the calibration device:

$$\pm \Delta = D_{meas} - D_{act}$$

In particular, to measure the diameters of the axle journals of the RU1-957 and RU1SH-957 wheelsets in the range of 129...131 mm, a KS130 calibration rod, 130 mm long, measured by the metrology service with an error of  $\pm 0,0013$  mm, was used. The calibration rod was installed on a technological bracket in the block for measuring the diameters of the axle neck. Then the length of the rod was measured, which corresponded to the diameter of the wheelset axle journal. The absolute error in measuring the diameter of the axle neck did not exceed  $\pm 0,0040$  mm.

### Benefits of the New Positioning Device

The use of flat pads (see Pic. 3) in a new device for measuring wheelsets with axle journals of different diameters [14] allows the wheelset to be installed symmetrically relative to the axial vertical plane, which facilitates the subsequent positioning of the wheelset in the system<sup>3</sup>. Making the pads flat allows them to be quite wide (up to 120 mm) in the direction of the wheelset axis. This made it possible to measure wheelsets with different distances between fillet transitions and, thus, further expanded the scope of the device [14].

The use of replaceable flat pads, the thickness of which is selected depending on the diameter of the axle journals, made it possible to position wheelsets with journals of different diameters.

Making the pads from brass, which has a lower hardness than the hardness of the journals of steel wheelsets, made it possible to eliminate damage to the surface of the axle journals.

The contact of flat pads with the cylindrical surfaces of the journals ensures the greatest positioning accuracy of the wheelset, since the tolerance with regard to the diameter of the axle journal (0,004 mm) is significantly less than the tolerances (1,0 mm) regarding the dimensions of other parts of the wheelset (wheel flanges, wheel treads), the surfaces of which are used as contact surfaces in devices [10; 11].

However, the positioning accuracy of the wheelset with a value of the order of  $\pm 0,004$  mm, in this case still turns out to be unattainable, since the positioning error is determined by the manufacturing tolerances of the elements of the vertical movement mechanism, which in actual execution are of the order of 0,1 mm, so this is precisely the value and determines the actual

positioning accuracy ( $\pm 0,1$  mm) of the wheelset in the device [14]. This positioning accuracy ( $\pm 0,1$  mm) is twice as high as the positioning accuracy in the device [13], in which it is  $\pm 0,2$  mm.

Experience in operating a moving device [14] for positioning wheelsets as part of an automated system<sup>3</sup> for non-contact measurement of geometric parameters located in the final control area of the railway wagon-wheel workshops of Gorkovskaya railway has shown that the device [14] has significant advantages in comparison with known devices for positioning [10; 11]. The high technical features of the device were confirmed [14] in terms of increasing the accuracy of positioning the wheelset at the measurement position (up to  $\pm 0,1$  mm) and in terms of ensuring the positioning of wheelsets with axle journals of different diameters. The diameters of the journals of the wheelset axles are, for example, for wagons, TEP-70 diesel locomotives and wagons with increased axle loads of 130<sup>1</sup>, 160<sup>2</sup> and 180 mm<sup>4</sup>, respectively.

The objective of further developments should be to create a more universal device for positioning any type of wheelsets, including those for high-speed trains [16]. It is also necessary to develop a special mechanism for lifting wheelsets with journals of different diameters to the measurement position, which would ensure their positioning at the similar level of the geometric axis of the wheelset without the use of replaceable pads.

### CONCLUSIONS

The development of a new positioning device [14] for positioning wheelsets technically resulted in expanded scope of application of the device and its functionality, increase in operational dependability and ensured safety of the cylindrical surfaces of the journals of the wheelsets axle. The device provides high positioning accuracy of wheelsets (up to  $\pm 0,1$  mm) with different distances between fillet transitions and with axle journals of different diameters. To further expand the scope of application, it is necessary to develop a more universal positioning device suitable for use for all types of rolling stock wheelsets.

<sup>4</sup> GOST [Russian state standard] 22780-93. Axles for wagons on 1520 (1524) mm gauge railways. Types, parameters and sizes. Introd. 1995-01-01. Resolution of the Committee of the Russian Federation on standardisation, metrology and certification dated 02.06.1994, No. 160, 20 p.



## REFERENCES

1. Senko, V. I., Chernin, R. I., Udobov, A. S. New technological equipment for repairing wheelsets of wagons [Novaya tekhnologicheskaya osnastka dlya remonta kolesnykh par vagonov]. *Current issues of mechanical engineering*, 2014, Vol. 3, pp. 285–287. EDN: ZCHPZF.
2. Skryabin, V. A. Testing of technological equipment for manufacture of wheelsets of railway transport [Ispytaniya tekhnologicheskogo oborudovaniya dlya izgotovleniya kolesnykh par zheleznodorozhного transporta]. *Repair. Recovery. Modernization*, 2018, Iss. 8, pp. 4–10. EDN: XWBTJR.
3. Krasilnikov, V. S., Erilin, E. S., Fogel, A. L. Pat. No. 2301968 Russian Federation, IPC G 01 B 11/08, G 01 B 11/24. Method for monitoring part diameters. Applicant and patent holder: State Unitary Enterprise Nizhny Novgorod Branch – a subsidiary of VNIIZhT of the Ministry of Railways of the Russian Federation. No. 2005132431/28; application 20.10.2005; publ. 27.06.2007. Bull. No. 18, 5 p. EDN: YPEUHD.
4. Krasilnikov, V. S., Erilin, E. S., Fogel, A. L. Pat. No. 2312304 Russian Federation, IPC G 01 B 7/12. Device for measuring the diameter of solid-rolled wheels and tires on a rolling circle. Applicant and patent holder: State Unitary Enterprise Nizhny Novgorod branch – a subsidiary of VNIIZhT of the Ministry of Railways of the Russian Federation. No. 2006126223/28; application 19.07.2006; publ. 10.12.2007. Bull. No. 34, 5 p. EDN: JMLRXB.
5. Krasilnikov, V. S., Erilin, E. S., Fogel, A. L. Pat. No. 65209 Russian Federation, IPC G 01 B 7/12. Device for monitoring the geometric parameters of rolling stock wheel tires. Applicant and patent holder: State Unitary Enterprise Nizhny Novgorod Branch – a subsidiary of VNIIZhT of the Ministry of Railways of the Russian Federation. No. 2007102761/22; application 24.01.2007; publ. 27.07.2007, 6 p. EDN: BAWQDM.
6. Krasilnikov, V. S., Erilin, E. S., Fogel, A. L. Pat. No. 62233 Russian Federation, IPC G 01 B 7/12. Device for measuring the diameter of solid-rolled wheels on a rolling circle. Applicant and patent holder State Unitary Enterprise Nizhny Novgorod branch – a subsidiary of VNIIZhT of the Ministry of Railways of the Russian Federation. No. 2006138924/22; application 03.11.2006; publ. 27.03.2007, 5 p. EDN: GQXNVX.
7. Koltsov, Yu. A., Skrebkov, A. V. Estimation of the service life of wheelsets of electric locomotives based on information on measurements of controlled parameters [Otsenka resursa kolesnykh par elektrovozov po informatsii o zamerakh kontroliruemых parametrov]. *Transport Urala, 2019*, Iss. 4 (63), pp. 49–52. EDN: VIPGVN.
8. Ignatiev, O. L., Ignatieva, O. V. Innovative approach to reducing wear of wheelsets of non-traction rolling stock to increase operational efficiency [Innovatsionnyi podkhod k snizheniyu iznosa kolesnykh par netyagovogo podvizhnogo sostava dlya povysheniya eksploatatsionoi effektivnosti]. *Proceedings of Rostov State Transport University*, 2020, Iss. 1 (50), pp. 30–32. EDN: ECVFKZ.
9. Vorobyov, A. A., Shadrina, N. Yu., Shadrin, A. N. Experimental assessment of the accuracy of restoring rims of wheelsets of traction rolling stock on wheel-milling machines [Eksperimentalnaya otseka tochnosti vosstanovleniya bandazhei kolesnykh par tyagovogo podvizhnogo sostava na koleso-frezernykh stankakh]. *New materials and technologies in mechanical engineering*, 2022, Iss. 35, pp. 17–22. EDN: WJRZQS.
10. Patent SU847945A3, USSR, IPC G 01 B 5/08; G 01 B 5/20. [Russian title: A method for measuring the rolling profiles of wheelsets during reprofiling and a device for its implementation]. Applicant: Wilhelm Hegenscheidt GmbH (Germany). Inventors: Helmut Wittkopp, Helmut Gruteser. Application 2407201 dated 06.10.1976; publ. 15.07.1981, Bull. No. 26 (1981), 6 p. [Electronic resource]: <https://patentimages.storage.googleapis.com/04/34/ff/3e75af9a0b4c1c/SU847945A3>. Last accessed 22.11.2023.
11. Application for invention No. 262425 PRL, IPC G 01 B; B 61 K. Method and device for measuring the geometric condition of a wheelset and wear of its working profiles. Applicant: Kolejowe Zaklady Maszyn i Sprzętu Drogowego «RACIBÓRZ», Racibórz. Inventors: Madecki, Oerzy; Przewoźnik, Andrzej; Rudzki, Michał; Sierżant, Roman; Tokarski, Janusz; Wiechula, Paweł. Publ. 1988, Bull. Patent Office of the People's Republic of Poland No. 318/384/1988, No. 384, P. 82. [Zgłoszenie wynalazku Nr 262425 PRL. Sposob i urządzenie do pomiaru stanu geometrycznego zestawów kołowych i zużycie profilow roboczych tych zestawów, MKP G 01B; B 61K. Biuletyn urzędu patentowego Nr 318 /384/ 1988]. [Electronic resource]: [https://uprp.gov.pl/sites/default/files/bup/1988/18/bup18\\_1988.pdf](https://uprp.gov.pl/sites/default/files/bup/1988/18/bup18_1988.pdf). Last accessed 22.11.2023.
12. Sychenkov, V. V., Frolovsky, V. V. Pat. 2229995 Russian Federation, IPC B 61 K 9/12, G 01 M 17/10. A method for basing a wheelset, a basing device and a device for positioning a wheelset, as well as a complex for measuring the standardized linear dimensions of wheelsets. Applicant and patent holder: Sychenkov, Vladimir V. No. 2001133186/11; application 06.12.2001; publ. 10.06.2004, Bulletin. No. 16, 14 p. EDN: TEDPHP.
13. Krasilnikov, V. S., Erilin, E. S., Zemlyakov, S. G. [et al]. Pat. 62103 Russian Federation, IPC B 66 F 11/00. Device for positioning a wheelset. Applicant and patent holder: State Unitary Enterprise Nizhny Novgorod branch – a subsidiary of VNIIZhT of the Ministry of Railways of the Russian Federation. No. 2006138920/22; application 03.11.2006; publ. 27.03.2007. Bull. No. 9, 5 p. [Electronic resource]: [https://www1.fips.ru/Archive/PAT/2007FULL/2007.03.27/INDEX\\_RU.HTM](https://www1.fips.ru/Archive/PAT/2007FULL/2007.03.27/INDEX_RU.HTM). Last accessed 22.11.2023.
14. Krasilnikov, V. S. Pat. 212118 Russian Federation, IPC B 66 F 11/00; SPK B 66 F 11/00. Device for moving wheelsets. Applicant and patent holder: Samara State Transport University. No. 2022110773; application 20.04.2022; publ. 06.07.2022. Bull. No. 19. – 5 p. EDN: ONRBCO.
15. Krasilnikov, V. S., Beagon, V. S., Erilin, E. S. [et al]. Pat. 2319925 Russian Federation, IPC G 01 B 5/08, G 01 B 5/20. Device for measuring the linear dimensions of wheelsets. Applicant and patent holder: State Unitary Enterprise Nizhny Novgorod branch – a subsidiary of VNIIZhT of the Ministry of Railways of the Russian Federation. No. 2006114906/28; application 02.05.2006; publ. 20.03.2008. Bull. No. 8. – 6 p. EDN: ARYASB.
16. Mikhailov, I. G., Knyazev, D. A., Sukhov, A. V. [et al]. The concept of wheelsets for a promising high-speed train [Konsepsiya kolesnykh par dlya perspektivnogo vysokoskorostnogo poezda]. *Bulletin of Institute for Problems of Natural Monopolies: Railway Engineering*, 2018, Iss. 2 (42), pp. 49–61. EDN: XMGCAH.

### Information about the author:

**Krasilnikov, Vladimir S.**, Ph.D. (Physics and Mathematics), Associate Professor at the Nizhny Novgorod Branch of Samara State Transport University, Nizhny Novgorod, Russia, [vksrasilnikov@ya.ru](mailto:vksrasilnikov@ya.ru).

Article received 08.06.2023, updated 30.11.2023, approved 20.12.2023, accepted 27.12.2023.

# 77



## AIR TRANSPORT 190

*Modern algorithms and machine learning to better understand whether the passengers are satisfied with services.*



## ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND TRANSPORT 196

*Legal aspects of transport ecosystems based on AI: current state, outlook and future legal tools.*

## MANAGEMENT, CONTROL AND ECONOMICS



## ROLLING STOCK: MAINTENANCE AND REPAIR 203

*How better synchronise maintenance time for a passenger railway car and its elements during service life: analysis and proposals.*



## MOTOR TRANSPORT SERVICES IN RESORT AGGLOMERATIONS 209

*Proposals to create integrative business system with regard to seasonality and demand cycles.*



# Studying the Quality of Airline Customer Service Using Machine Learning Methods



Vyacheslav A. DUKE



Igor G. MALYGIN

**Vyacheslav A. Duke<sup>1</sup>, Igor G. Malygin<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences (IPT RAS), St. Petersburg, Russia.

<sup>1</sup>Russian Science Citation Index SPIN-code: 3148-2066.

<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-0403-8095; Web of Science Researcher ID: E-2182-2018; Scopus Author ID: 57159964300; Russian Science Citation Index Author ID: 375896.

✉ <sup>1</sup> [v\\_duke@mail.ru](mailto:v_duke@mail.ru).

## ABSTRACT

The article presents the results of using machine learning methods to study data from a special questionnaire that considers the general characteristics of flights, the characteristics of passengers and their opinions on various aspects of the flight. The objective of the study is to identify in experimental data factors that negatively affect passengers' attitudes towards airline services.

When conducting the study, well-known algorithms were used that are part of free WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis) software for data analysis and machine learning by University of Waikato (New Zealand), distributed under the GNU GPL license: naïve Bayes classifier; multilayer perceptron using backpropagation algorithm; k-nearest neighbour method (KNN) with adaptive selection of parameters; decision trees – J48 is an open-source Java implementation of the C4.5 algorithm; random forest; logistic regression; adaptive boosting algorithm (AdaBoost);

support vector machine – the SMO (Sequential Minimal Optimization) algorithm which is one of the possible implementations of the support vector machine algorithm.

It is shown that the best accurate models reflecting passenger satisfaction with airline services are obtained using random forest algorithms (error on the test sample is of 3.9 %) and a neural network approach (error on the test sample is of 3.7 %). At the same time, these algorithms do not allow us to explicitly identify factors characteristic of air passengers who are dissatisfied with the quality of service. This gap is filled by an algorithm based on the method of structural resonance in multidimensional data (SRMD), which made it possible to identify precise logical rules in the data with high completeness. The resulting logical rules are highly interpretable patterns of passengers who either negatively or neutrally evaluate the airline's services in general.

**Keywords:** air transport, marketing, airline services, quality of passenger service, artificial intelligence, machine learning.

**Funding:** the work was carried out within the framework of implementation of the state assignment of IPT RAS No. 075-00602-24-0 for 2024 and for the planning period of 2025 and 2026 at the expense of funds provided by the Ministry of Education and Science of Russia (an agreement on provision of a subsidy from the federal budget for financial support for implementation of the state assignment dated January 18, 2024 No. 075-03-2024-666).

**For citation:** Duke, V. A., Malygin, I. G. Studying the Quality of Airline Customer Service Using Machine Learning Methods. *World of Transport and Transportation*, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 190–195. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-6>.

**The original text of the article in Russian is published in the first part of the issue.**

**Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.**

## INTRODUCTION

Air passenger service quality assessment plays an important role in the airline industry for several reasons:

1. Understanding what aspects of service are important to passengers allows airlines to identify weaknesses and focus on them to improve service.

2. Measuring service quality helps companies provide better service than their competitors.

3. Good service contributes to passenger satisfaction and, as a result, increases the likelihood that they will be returning clients.

4. Positive reviews about the quality-of-service help attracting new customers. Passenger recommendations often have a big influence on other people's decisions to choose a given airline.

5. Improving service quality helps reduce costs because increased efficiency and improved processes lead to fewer problems and corresponding compensation associated with poor service.

There are several known methods for assessing the quality of service for air passengers:

– Questionnaires and surveys: airlines often use questionnaires and surveys to obtain feedback from passengers. This can be either a paper post-flight questionnaire or an online survey sent by email or accessible through the company web portal.

– Monitoring of social networks: reviews and comments from passengers on various social networks can give an idea of how passengers perceive the airline's service.

– Focus groups: organising focus groups, during which a group of passengers discuss their experience of the service, can provide a deeper understanding of their needs and expectations.

– Mystery passenger: some airlines use «mystery passengers» who travel under the guise of regular passengers, but evaluate the quality of service by testing the service without prior warning.

– Study of data and statistics: analysis of data on flight delays, level of passenger satisfaction, level of complaints and claims can be a useful tool for assessing the quality of service.

– Comparison with competitors: comparing their performance with that of competitors helps airlines understand where they stand in the market in terms of service quality.

The combination of these methods allows airlines to gain a better understanding of how their services are perceived by passengers and

where they can improve. There are a few international and domestic studies of quality of passenger service using various methods [1–10]. In our study, we will focus on the survey method using a special questionnaire that considers both the general characteristics of flights and the characteristics of passengers and their opinions on various aspects of the flight.

## INITIAL DATA

The data set used contains the results of a questionnaire, which reflects passengers' attitudes towards various aspects of the flight. The data were published by Timothy J. Klein on the popular portal Kaggle<sup>1</sup>. The target variable is «satisfaction», which takes two values: «neutral or dissatisfied» (neutral or negative assessment) and «satisfied» (positive assessment). The original names of other variables (questionnaire items) and interpretation of the values are given in Table 1.

The entire data sample is divided into two parts – a training set (train) and a test data set (test). The training set included the results of a survey of 103904 passengers, and the test set included 25976 passengers. Judging by the description of the data, the airline that provided it wished to remain anonymous. At the same time, these data have attracted the attention of quite many researchers. Reports related to construction of a model explaining passenger satisfaction and dissatisfaction are given on the corresponding Kaggle pages. The most complete and detailed analysis was carried out in Airline Passenger Satisfaction (Part 1)<sup>2</sup>. We will discuss the results of this analysis below and supplement the results obtained with data from our own research.

## METHODS USED AND ANALYSIS RESULTS

In Airline Passenger Satisfaction (Part 1)<sup>3</sup> the Scikit-learn package, one of the most widely used Python packages for Data Science and Machine Learning, was used for analysis. Also, a set of standard procedures for statistical univariate and correlation analysis, and several machine learning algorithms were used: k-nearest neighbour method (kNN), support vector

<sup>1</sup>Airline Passenger Satisfaction. [Electronic resource]: <https://www.kaggle.com/datasets/teejmahal20/airline-passenger-satisfaction>. Last accessed 07.01.2024.

<sup>2</sup>Airline Passenger Satisfaction (Part 1) [Electronic resource]: <https://www.kaggle.com/code/frixinglife/airline-passenger-satisfaction-part-1/notebook>. Last accessed 07.01.2024.



**Table 1**  
**Questionnaire items on passenger satisfaction with various aspects of the flight [compiled by the authors based on Airline Passenger Satisfaction<sup>1</sup>]**

Nº	Original item name	Decoding of values*
1.	Gender	Gender: male or female
2.	Customer Type	Customer type: regular or non-regular airline customer
3.	Age	Age: actual age of a passenger
4.	Type of Travel	Type of travel: personal or business trip
5.	Class	Class: business, economy, economy plus
6.	Flight Distance	Flight distance
7.	Inflight Wi-Fi service	Assessment of Wi-Fi connection on board (0: not ranked; 1-5)
8.	Departure/Arrival time convenient	Departure/arrival time assessment (0: not ranked; 1-5)
9.	Ease of Online booking	Online booking assessment (0: not ranked; 1-5)
10.	Gate location	Assessment of gate location for boarding (0: not ranked; 1-5)
11.	Food and drink	Assessment of food and drink on board (0: not ranked; 1-5)
12.	Online boarding	Assessment of the service of online boarding pass (0: not ranked; 1-5)
13.	Seat comfort	Assessment of seat comfort in the passenger cabin (0: not ranked; 1-5)
14.	Inflight entertainment	Assessment of entertainment on board (0: not ranked; 1-5)
15.	On-board service	Assessment of servicing on board (0: not ranked; 1-5)
16.	Leg room service	Additional comfort for legs (0: not ranked; 1-5)
17.	Baggage handling	Assessment of baggage handling (0: not ranked; 1-5)
18.	Checking service	Assessment of checking service (0: not ranked; 1-5)
19.	Inflight service	Assessment of servicing on board during flight (0: not ranked; 1-5)
20.	Cleanliness	Assessment of cleanliness on board (0: not ranked; 1-5)
21.	Departure Delay in Minutes	Departure delay in minutes
22.	Arrival Delay in Minutes	Arrival delay in minutes

\* The values were also decoded in Russian as shown for the use in the survey held by the authors.

machine (SVM), AdaBoost algorithm, decision trees (DT) and random forest. The following conclusions have been drawn:

– For kNN method (with  $k = 10$ ), the error on the training set was 5,2 %, and on the test set – 6,5 %.

– For the «support vector machine» the error on both the training and test sets was 5 %.

– For the «random forest» classifiers, no error was observed on the training set, but on the test set it was 3,9 %.

– For AdaBoost algorithm, the error on the training set was 7 %, and on the test set – 7,2 %.

– For «decision trees with gradient boosting» the error on the training and test samples was 5,5 % and 5,6 %, respectively.

Thus, the best result was shown by the «random forest» classifier (error on the test sample – 3,9 %).

In addition to the analysis performed, in the second part of the study<sup>3</sup>, a neural network was trained, which demonstrated an error on the test data set of 3,7 % (training the neural network took almost seven hours).

Regarding the above analysis, let us make several clarifications and comments.

Firstly, in the cited source Airline passenger satisfaction (Part 2)<sup>4</sup>, the researcher made a test sample from the training sample (train.csv file), using 90 % for training and 10 % for testing. This, in our opinion, is not of fundamental importance, since the volume of the entire data is large enough to obtain stable models.

Secondly, there were gaps in the original data, coded as «0», and here the researcher filled the gaps with the median values of the features. In our opinion, filling in gaps in data should be treated very carefully. This can be useful only in the case of small samples, and even then, only under the condition of fairly simple data structures that have single-mode distribution densities of values.

Thirdly, and this is the most important thing, in the above study (as well as in a few others published on the Kaggle portal), in our opinion, the wrong emphasis was placed in statement of the problem itself. Here, attempts are made to build the most accurate model possible, connecting the characteristics of flights, passengers and their assessments of particular service characteristics, but the main goal is

<sup>3</sup> Airline Passenger Satisfaction. (Part 2). [Electronic resource]: <https://www.kaggle.com/code/fixinglife/airline-passenger-satisfaction-part-2>. Last accessed 07.01.2024.

**Table 2**

**Summary table of model building results using various machine learning methods [performed by the authors]**

Method	Error in the model in %	Time to create a model, sec	Time to apply a model, sec
Naïve Bayes	15,48	0,48	0,43
Logistic regression	12,85	2,68	0,19
SMO	12,64	1937,76	0,27
KNN (10-NN)	7,42	0,07	249,75
Multilayer perceptron	4,35	218,33	0,24
Decision trees J48	4,24	11,44	0,19
AdaBoost (J48)	4,12	128,02	0,32
Random forest	3,78	47,85	2,06



missing – to find out as accurately as possible the reasons why passengers are dissatisfied with the airline's services.

We tried to fill this gap by repeating, on the one hand, data analysis using another library of machine learning programs. On the other hand, we complement the results of our research with high-precision patterns characteristic of a group of dissatisfied and neutral air passengers, which are identified using our innovative SRMD (Structural Resonance in Multidimensional Data) technology [11], developed by Deep Patterns<sup>4</sup>.

In our study, we used popular algorithms included in WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis) free software for data analysis and machine learning, developed by University of Waikato (New Zealand) and distributed under the GNU GPL license [12]:

- naïve Bayes classifier;
- multilayer perceptron using an error backpropagation algorithm;
- k-nearest neighbour method (KNN);

<sup>4</sup> <https://deeppatterns.com>.

- decision trees;
- random forest;
- logistic regression;
- adaptive boosting algorithm (AdaBoost);
- support vector machine (SVM).

When using these methods, the default parameters set in the WEKA package were mainly applied. However, some clarifications should be made. As one of the possible implementations of the support vector machine algorithm, the SMO (Sequential Minimal Optimization) algorithm described in [13] was used. In this case, a linear kernel was used. In a multilayer perceptron, the number of layers was determined by the formula (number of variables + number of classes) / 2, so the number of layers was 12. We also note that when constructing decision trees, the J48 algorithm was used, which is a Java analogue of the well-known C4.5 algorithm [14]. The AdaBoost algorithm uses decision trees built by J48 as classifiers. We previously considered examples of the use of these algorithms in the transport industry in articles [15; 16].



Table 3

**Highly accurate logic rules found in data of air passenger questionnaire  
[performed by the authors]**

Nº	Rule	Recall	Accuracy
1.	<b>If</b> (not business class) <b>AND</b> (Assessment of Wi-Fi connection on board) $\leq 3$ <b>AND</b> (Assessment of ease of online booking) $\leq 4$ <b>AND</b> (Assessment of online boarding pass service) $\leq 3$ <b>Then</b> (Overall assessment is neutral or negative)	0,538	0,986
2.	<b>If</b> (not business class) <b>AND</b> (Assessment of Wi-Fi connection on board) $\leq 3$ <b>AND</b> (Assessment of ease of online booking) $\leq 3$ <b>AND</b> (Assessment of servicing during flight) $> 2$ <b>Then</b> (Overall assessment is neutral or negative)	0,467	0,99
3.	<b>If</b> (personal trip) <b>AND</b> (Assessment of Wi-Fi connection on board) $\leq 3$ <b>Then</b> (Overall assessment is neutral or negative)	0,431	1
4.	<b>If</b> (personal trip) <b>AND</b> (assessment of ease of online booking) $\leq 3$ <b>Then</b> (Overall assessment is neutral or negative)	0,402	0,992
5.	<b>If</b> (personal trip) <b>AND</b> (Assessment of Wi-Fi connection on board) $\leq 4$ <b>AND</b> (Assessment of ease of online booking) $\leq 4$ <b>AND</b> (Assessment of online boarding pass service) $\leq 3$ <b>AND</b> (Assessment of additional comfort for legs) $> 0$ <b>Then</b> (Overall assessment is neutral or negative)	0,357	0,989
6.	<b>If</b> (Assessment of Wi-Fi connection on board) $\leq 2$ <b>AND</b> (Assessment of gate location for boarding) $> 2$ <b>Then</b> (Overall assessment is neutral or negative)	0,357	0,987
7.	<b>If</b> (age) $\leq 35$ <b>AND</b> (not business class) <b>AND</b> (Assessment of Wi-Fi connection on board) $\leq 3$ <b>Then</b> (Overall assessment is neutral or negative)	0,315	0,994
8.	<b>If</b> (Assessment of Wi-Fi connection on board) $\leq 3$ <b>AND</b> (assessment of departure/arrival delay) $> 3$ <b>AND</b> (Assessment of ease of online booking) $\leq 3$ <b>AND</b> (Assessment of servicing on board during flight) $> 2$ <b>Then</b> (Overall assessment is neutral or negative)	0,267	0,991
9.	<b>If</b> (Assessment of Wi-Fi connection on board) $\leq 2$ <b>AND</b> (Assessment of ease of online booking) $\leq 2$ <b>AND</b> (Assessment of gate location for boarding) $> 2$ <b>Then</b> (Overall assessment is neutral or negative)	0,263	0,996

Table 2 shows the results of applying the mentioned methods to build a model for predicting the values of the target variable «Satisfaction». In addition to model errors calculated on the test sample (test.csv), the Table 2 shows the time spent on creating and applying the model.

Overall, the results obtained are very similar to those obtained in Airline Passenger Satisfaction. (Part 1)<sup>3</sup>. At the same time, we note the large (almost fourfold) difference between the accuracy of the «naïve Bayes classifier» and the maximum accuracy achieved using the «random forest» method. This phenomenon is typical for heterogeneous data structures that cannot be adequately described by a general model in a simple (for example, linear) interpretable form. However, more complex models provide high accuracy, but are poorly interpretable, if at all. For example, the «decision tree» built using the J48 algorithm, in our case, has 1378 leaves, which creates problems for formation of a holistic perception and understanding of the relationships identified in the data.

The method of structural resonance in multidimensional data (SRMD), which we applied at the next stage of analysis, is characterised by the fact that it is aimed at

searching in the data for logical «if–then» rules that, for a given accuracy, have the maximum recall of objects of their own class. This property of SRMD ensures good interpretability of data analysis results. Additionally, it is worth noting that SRMD does not require any artificial filling of gaps in the data table – the gaps are simply not processed.

Table 3 shows some high-precision logical rules found in experimental data from a questionnaire on passenger satisfaction with airline services.

The rules given in Table 3 with high accuracy (the error in the aggregate is 1,9 %) cover 82 % of air passengers who gave a negative or neutral assessment to the airline's services. Moreover, most of them (57 %) are a group of people making personal (non-business) travel. And, in turn, almost all these 82 % express dissatisfaction due to poor quality of Wi-Fi connection on board the aircraft. Apparently, the airline that conducted the survey could improve passenger satisfaction quite significantly by increasing the quality of this in-flight service. In addition, an obvious (based on the data in Table 3) resource for improving the quality of service lies in improving the ease of procedures for online booking and passenger online check-in.

## CONCLUSION

1. Machine learning methods make it possible to obtain models that link the general characteristics of flights, the characteristics of passengers and their assessments of variety of particular services with overall satisfaction of passengers with a flight.

2. The models with the best accuracy were built using the random forest algorithms (error on the test sample was of 3,9 %) and the neural network approach (error on the test sample was of 3,7 %). At the same time, these algorithms do not allow us to explicitly identify factors characteristic of passengers who either negatively or neutrally evaluate the entire airline's services.

3. Precise logical rules with sufficiently high recall completeness, which are patterns of passengers who either negatively or neutrally evaluate the entire airline's services, were identified in the data using an algorithm based on the «structural resonance» method in multidimensional SRMD data.

4. From the identified patterns for the case considered, it follows that the airline can significantly increase passenger satisfaction by increasing the quality of Wi-Fi service in the aircraft cabin. In addition, a significant resource for improving the quality of service for air passengers lies in improving online booking and check-in procedures.

## REFERENCES

1. Duke, S. E., Davis, Z., Abrahams, A., Anjomshoae, A., Ractham, P. Evaluation of passengers' expectations and satisfaction in the airline industry: an empirical performance analysis of online reviews. *Benchmarking: An International Journal*, 2024, Vol. 31, Iss. 2, pp. 611–639. DOI: 10.1108/BIJ-09-2021-0563.
2. Fodness, D., Murray, B. Passengers' expectations of airport service quality. *Journal of Services Marketing*, 2007, Vol. 21, Iss. 7, pp. 492–506. DOI: 10.1108/08876040710824852.
3. Ban, H.-J., Kim, H.-S. Understanding Customer Experience and Satisfaction through Airline Passengers' Online Review. *Sustainability*, 2019, Vol. 11(15), pp. 1–17. DOI: 10.3390/su11154066.
4. Awadh, M. Assessing the Quality of Sustainable Airline Services Utilizing the Multicriteria Decision-Making Approach. *Sustainability*, 2023, Vol. 15(9), pp. 1–19. DOI: 10.3390/su15097044.
5. Namukasa, J. The influence of airline service quality on passenger satisfaction and loyalty: the case of Uganda airline industry. *The TQM Journal*, 2013, Vol. 25, Iss. 5, pp. 520–532. DOI: 10.1108/TQM-11-2012-0092.
6. Tahamisaz, S., Shokuhyan, S. Evaluation of passenger satisfaction with service quality: A consecutive method applied to the airline industry. *Journal of Air Transport Management*, 2020, Vol. 83, pp. 101764. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2020.101764.
7. Tsaur, S.-H., Chang, T.-Y., Yen, C.-H. The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM. *Tourism Management*, 2002, Vol. 23 (2), pp. 107–115. DOI: 10.1016/S0261-5177(01)00050-4.
8. Ayriev, R. S., Kudryashov, M. A. Quality Indices of Public Transportation Services. *World of Transport and Transportation*, 2018, Vol. 16, Iss. 4 (77), pp. 140–149. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2018-16-4-11>.
9. Matantseva, O. Y., Areanova, A. K., Shchegoleva, I. V. Study of the Influence of Factors on Passenger Service Quality and Efficiency of Rolling Stock Use. *World of Transport and Transportation*, 2022, Vol. 20, Iss. 4 (101), pp. 98–104. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-4-8>.
10. Sokolov, Yu. I. Service Quality Should be Assessed by the Clients Themselves. *World of Transport and Transportation*, 2015, Vol. 13, Iss. 4 (59), pp. 100–109. [Electronic resource]: <https://mirtr.elpub.ru/jour/article/view/490/761>. Last accessed 07.01.2024.
11. Duke, V. A. Logical methods of machine learning (tools and practical examples) [*Logicheskie metody mashinnogo obucheniya (instrumentalnie sredstva i prakticheskie primery)*]. St. Petersburg, Publishing and Printing Association of Higher Educational Institutions, 2020, 248 p. ISBN 978-5-91155-087-5.
12. Frank, E., Hall, M. A., Witten, I. H. The WEKA Workbench. Online Appendix for «Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques», Morgan Kaufmann, Fourth Edition, 2016. [Electronic resource]: [https://www.scirp.org/reference/referencespapers?reference\\_id=2477648](https://www.scirp.org/reference/referencespapers?reference_id=2477648). Last accessed 07.01.2024.
13. Platt, C. Sequential Minimal Optimization: A Fast Algorithm for Training Support Vector Machines. In: Advances in Kernel Methods – Support Vector Learning, ed. by B. Schölkopf and C. J. C. Burges and A. J. Smola. Cambridge, MA, MIT Press. 1999, pp. 185–208. [Electronic resource]: [https://www.researchgate.net/publication/2624239\\_Sequential\\_Minimal\\_Optimization\\_A\\_Fast\\_Algorithm\\_for\\_Training\\_Support\\_Vector\\_Machines](https://www.researchgate.net/publication/2624239_Sequential_Minimal_Optimization_A_Fast_Algorithm_for_Training_Support_Vector_Machines). Last accessed 07.01.2024.
14. Quinlan, J. R. C4.5 Programs for Machine Learning, San Mateo, CA, Morgan Kaufmann, 1992, 302 p. ISBN 978-1558602380.
15. Duke, V. A., Malygin, I. G. Comparison of algorithms for recognition of vehicle types by parameters of their silhouettes. *Marine intellectual technologies*, 2018, Vol.4, Iss. 4 (42), pp. 197–201. EDN: YXSDNR.
16. Duke, V. A., Malygin, I. G. Comparative study of machine learning algorithms in the problem of predicting the dynamics of bike sharing [*Sravnitelnoe issledovanie algoritmov mashinnogo obucheniya v zadache prognozirovaniya dinamiki velosheringa*]. *Transport: science, technology, management. Scientific information collection*, 2023, Iss. 6, pp. 40–45. EDN: BVMMSV. ●

### Information about the authors:

**Duke, Vyacheslav A.**, D.Sc. (Eng), Chief Researcher at the Laboratory of Intelligent Transport Systems of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences (IPT RAS), St. Petersburg, Russia, [v\\_duke@mail.ru](mailto:v_duke@mail.ru).

**Malygin, Igor G.**, D. Sc. (Eng), Professor, Director of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences (IPT RAS), St. Petersburg, Russia, [malygin\\_com@mail.ru](mailto:malygin_com@mail.ru).

Article received 01.02.2024, approved 28.02.2024, accepted 15.03.2024.

- *World of Transport and Transportation*, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 190–195

**Duke, Vyacheslav A., Malygin, Igor G. Studying the Quality of Airline Customer Service Using Machine Learning Methods**





# Legal Regime of Transport Ecosystems Based on the Principles of Artificial Intelligence



Natalia L. BONDARENKO



Yury G. KONANOVICH



Alexander I. ZEMLIN

**Natalia L. Bondarenko<sup>1</sup>, Yury G. Konanovich<sup>2</sup>, Alexander I. Zemlin<sup>3</sup>**

<sup>1, 2</sup> Belarusian State University, Minsk, Belarus.

<sup>3</sup> Russian State Social University; Russian University of Transport; Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

✉ <sup>3</sup>zemlin.aldr@yandex.ru

## ABSTRACT

The functioning of transport and all the relevant infrastructure gives rise to the phenomenon of a transport ecosystem. The nature of transport and other legal relations arising within the transport ecosystem is largely determined by the process of technological development of society.

The objective of the study was, based on the achievements of legal hermeneutics and the application of systemic legal analysis, to analyse the legal regime of transport ecosystems based on the principles of functioning of artificial intelligence. Application of comparative legal and formal dogmatic analysis methods allowed to achieve scientific results in the field of

transport legal science, particularly, to substantiate a scientific hypothesis that the implementation of a high-tech element in the form of artificial intelligence entails fundamental changes in the methodological basis of functioning of transport ecosystems, transforms the concept of management influence on the processes occurring in them and entails a change in the nature and content of legal regulation of transport and related public relationships. The findings focus on shaping new scientific ideas on the legal regime of transport ecosystems based on the principles of functioning of artificial intelligence.

**Keywords:** transport law, economic activity, economic ecosystem, transport ecosystem, artificial intelligence.

**For citation:** Bondarenko, N. L., Konanovich, Yu. G., Zemlin, A. I. Legal Regime of Transport Ecosystems Based on the Principles of Artificial Intelligence. *World of Transport and Transportation*, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 196–202. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-7>.

**The original text of the article in Russian is published in the first part of the issue.**

**Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.**

## INTRODUCTION

Currently, the transport system is of essential importance for ensuring functioning of society and the national security of the country, and administration and management in the field of transport is the most important function of the state [1], requiring the use of a set of methods of legal regulation, characteristic of branches of both public and private law [2, P. 117; 3]. Various modes of transport form a single transport system of the country, which, as rightly noted by specialists in the field of transport law, needs orderly, systemic legal regulation [3, p. 8; 4]. At the same time, it is obvious that considering transport in isolation from the infrastructure that supports it seems methodologically incorrect, since transport is a «tool» for carrying out transportation and providing transport services using the corresponding transport and associated ways of communication available to the transport right holder [5, P. 118].

The functioning of transport and of all the infrastructure necessary for it gives rise to the phenomenon of a transport ecosystem, which is a type of economic ecosystem of an infrastructural nature. The nature of transport and other legal relations that arise within the transport ecosystem is largely determined by the process of technological development of society, which is confirmed by the results of several studies, which substantiate that the emergence and development of new technologies is a challenge to the law [5, P. 5; 7, P. 128]. Innovative development of transport requires the adoption of system measures that are scientifically based, aimed at resolving the contradictions that arise between previously existing paradigmatic approaches to ensuring the functioning of the transport system and the risks associated with introduction of new technologies [8, P. 116].

Within the framework of this article, an attempt is made to analyse the legal regime of transport ecosystems based on the principles of functioning of artificial intelligence.

## RESULTS AND DISCUSSION

When studying the few existing sources on the problems of economic ecosystems, one may get the impression that this is something new, characteristic only of our time. However, the phenomenon of economic ecosystems is not an invention of modern society. Economic systems similar in nature have been known to mankind since ancient times (the most famous of them are the «Great Silk Road» in ancient Asia, water supply systems of ancient Roman cities, the British East India Company, etc.).

The consumer cooperative system formed in the USSR and its successors in the post-Soviet space are also a striking example of an economic ecosystem. The fundamental feature of each of the named options for economic ecosystems was and still is a set of roads and other objects that form the infrastructure.

In other words, historically the economic ecosystem has turned out to be formed under the impact of factors of the objective nature and to become the symbiosis of objects of rights of a different nature and subjects using such objects based on a certain generally accepted methodology for production of goods relevant for the modern economic ecosystem of society and the state. At the same time, the economic ecosystem has been formed and functions on the basis of the same set of principles as those guiding biological ecosystems, since the very fact of their existence is based on the fundamental idea that forms the design of the ecosystem – creation and functioning of a set of routes that ensure rapid and systematic life support for all residents of the ecosystem without exclusion and for objects and subjects passing through it.

In other words, *an economic ecosystem* is always a set of routes bearing a public character (not conditioned by the form of ownership of the means of production and constituting a «single platform» of the economic ecosystem), combined with other elements of communication, and of the infrastructure serving it, ensuring the life of a certain small or large community of people.

The foregoing allows us to draw a conclusion that predetermines the essence of this study: the very fact of formation of a regional or single national transport system means formation of an economic ecosystem (*to be precise, such its variety as a transport ecosystem*). The fact that the transport system is always integrated into the national system of accumulation, maintenance, distribution and redistribution of goods (that is, into the public utilities sector, which is an absolute property and an obligatory element of the structure of any state), allows us to state another fact: the transport system and the infrastructure necessary for its functioning (as an economic ecosystem) is key and absolutely necessary for formation of the national public utilities sector as a «large economic (macroeconomic) ecosystem».

The famous economist James F. Moore argued, refracting the idea of biological ecosystems onto the «human economy» system, that «like its biological counterpart, the business ecosystem gradually moves from a random collection of elements to a more



structured community»<sup>1</sup>. This idea actually helped to identify the nature of such an objectively existing social institution as economic ecosystems, thereby translating to human society the recognized idea of the British botanist Arthur Tansley about the interconnectedness, interdependence and interaction of living organisms within a certain objectively established environment of their habitat, who coined the term «ecosystem»<sup>2</sup>.

However, the current state of the doctrine of economic ecosystems contains certain shortcomings: economic literature, directly or indirectly touching on the problems of economic ecosystems, allows us to conclude that the most common option for understanding economic ecosystems in economic science is conditioned by the will of entrepreneurs (we especially emphasize that it is entrepreneurs, not subjects of economic activity in general, which significantly narrows the range of subjects of such relations) and is cluster or network development of economic relations, and if such development is conditioned by the infrastructure aspect, then this aspect is considered only as an accompanying element of functioning of the economic ecosystem [9, P. 1499].

In other words, if we are guided by the tenets of economic science, then an economic ecosystem is the result of formation of a certain organisational and legal structure of a network or cluster type, solely conditioned by the will of business entities, the very fact of whose existence is not associated with formation of a «comfortable» infrastructure for business with a wide variety of purposes, but follows from the idea of increasing sales and, accordingly, profits [10]. If the above is brought closer to the understanding of the economic system inherent in the legal or political sciences, then we can state an extremely narrowed understanding of the nature of economic ecosystems in economic science, since it comes down to only one single option for emergence of such an ecosystem – a proactive one, involving creation and functioning of such an economic community within the economic group of persons. And although the economic literature describes a wide variety of methodologies for functioning of economic ecosystems (which indicates that various types, types and forms of economic ecosystems have been studied), the generalised version still conveys the idea of an economic group of individuals.

<sup>1</sup> What are business ecosystems and why are they needed? [Electronic resource]: <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/6087e5899a7947ed35fdbbf3>. Last accessed 21.12.2023.

<sup>2</sup> Ecosystem. [Electronic resource]: <http://www.lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0134539>: article. Last accessed 21.12.2023.

Since until recently only economic science paid attention to economic ecosystems, the problem of «formulations» gave rise to the effect of erroneous perception of the institution of economic ecosystems in the scientific and practical communities. At the same time, the absence of a legislator's position on this issue is due to objective reasons: for the state, until recently (until the advent of the so-called «digital era»), all options for the external embodiment of economic ecosystems had and have two external forms of expression – the infrastructure of the state or an economic group of individuals.

The perception of economic ecosystems in society and the state has changed dramatically only with the emergence of such a phenomenon as digital platforms for managing economic ecosystems. This is what contributed to the emergence of such a new type of economic ecosystems as «digital ecosystems». And although we consider such a qualification of an economic ecosystem to be only conditionally correct (reflecting the specifics of the type of economic activity rather than the nature and legal structure of the economic ecosystem), for the purposes of this study we still use this term in the text of the article to designate a fundamentally important feature of the economic ecosystem, the main infrastructure of which is the infrastructure of public communication – that is, a combination of information and financial infrastructure that allows the use of two factors of production – information and capital – at a fundamentally new level of efficiency. The qualimetric assessment of understanding of this complex legal institution faces «difficulties of translation». In this regard, in the framework of this study (considering the format of the scientific article), we identify economic ecosystems, first of all, as a legal structure, while the organisational structure remains in brackets [11, P. 12].

From our point of view, outlined by us in a number of related studies, we propose to understand *«an economic ecosystem as an element of infrastructure of a state expressed in physical and/or digital form, managed by a state-authorised entity or rights holder(s) on the basis of a uniform methodology for conducting public or private economic activity ensuring implementation of public interest, used for various legal purposes by an unlimited number of individuals and organisations»*.

Such a definition allows not only to form a holistic doctrinal understanding of the nature and legal structure of the economic ecosystem, but also to identify among them the right holders of the previously mentioned «digital ecosystems» (for example, Microsoft, Apple, Samsung, Google, Telegram,

Yandex, ByteDance (copyright holder of the social network «TikTok»), Sberbank, etc.). At the same time, there is no need to question the thesis that the economic activity of such economic ecosystems has not only acquired a clearly public character and has become capable of influencing the state of the national economy, social and political spheres of the state, but is also increasingly becoming an economic activity with elements of administering the system of public relations. From a practical point of view, such identification allows the state to form, for the purposes of national security, a transparent picture of the legal structure of economic activities of a wide variety of economic ecosystems, drawing a clear line between the economic and political components of such economic activities.

In addition, determining the legal structure of an economic ecosystem based on the methodology we propose, additionally allows us to identify the entity managing such an ecosystem or its legal holder as a subject of a prudential monopoly (which is one of the types of public monopoly) [12, P. 78], which allows the state to apply in relation to such entities legal barriers, a special, preferential or repressive legal regime for carrying out economic activities, ensuring the protection of national interests within the framework of the institution of national economic security and national security in general.

And from our point of view, the entire set of known economic ecosystems can be classified as follows:

*1. According to the criterion of the scale of economic activity carried out within the economic ecosystem:*

– National, state-wide (macroeconomic) economic ecosystems, which have always been and will be the state transport ecosystem and public utilities, as well as various elements of public communication infrastructure, represented by two segments which are information and financial infrastructure (such as ERIP in the Republic of Belarus, Sberbank in the Russian Federation; economic ecosystems formed by mobile operators, etc.).

– Sectoral economic ecosystems operating within the conventional organisational structure of a certain branch of the national economy, its economic complex or sector (examples include the High Technology Park or the Skolkovo Innovation Centre).

– Microeconomic ecosystems formed on the basis of private initiative, but due to technological features, transformed into an element of national and (or) international infrastructure (these include economic ecosystems based on the use of digital technologies).

*2. Based on the nature of the managed infrastructure:*

– Economic ecosystems formed on the basis of physical infrastructure.

– Economic ecosystems formed on the basis of digital infrastructure; moreover, the peculiarity of such ecosystems is that they always form an economic group of persons, the nature and legal structure of which is extremely non-standard and complex, and therefore requires a separate scientific study.

*3. Based on the criterion of market conditions:*

– Universal economic ecosystems (transport ecosystem, public utilities; financial system of the state).

– Opportunistically determined economic ecosystems – ecosystems that are relevant for the state and society during the period of demand for the technological basic values they provide.

*4. Based on the criterion of community of economic interests of residents:*

– Economic ecosystems that are not an economic group of individuals (a classic example is the transport ecosystem of the state and the public utilities of the state).

– Economic ecosystems, which are an economic group of persons.

Among the named variations of economic ecosystems, there is only one ecosystem of an «absolutely universal» nature, capable, among other things, of «absorbing» adjacent economic ecosystems. This is the transport ecosystem of the state. And its ability to become comprehensive can become a reality under one fundamental condition – the transition to a methodological basis formed on the principles of functioning of artificial intelligence. In this case, the transport ecosystem of the state will be able to acquire another unique and inimitable feature – it will be able to simultaneously become an economic ecosystem that is not an economic group of persons, and an economic ecosystem – an economic group of persons (and this feature is both a paradox and a pattern). It is this particular feature of the transport ecosystem that predetermines, firstly, the specifics of transport and transport-connectivity relations, and secondly, the specifics of transport law (which, in the context of widespread implementation of artificial intelligence in the system of public relations, will soon radically change its essential characteristics, transforming from the infrastructure branch of law into, in fact, a kind of «industrial law» (for reasons described below)).

The functioning of transport and of all the infrastructure necessary for it gives rise to the phenomenon of an economic ecosystem in which:

1. The transport system and transport infrastructure of the state together form an economic ecosystem that unites in its legal and organisational framework





economic entities, the vast majority of which do not have any legal connection among them other than belonging to a sector of the economy or an economic complex.

2. In the absence of a «single digital platform» in the legal and organisational framework, the transport system and transport infrastructure of the state are inextricably linked, but still function independently of each other.

3. The implementation of artificial intelligence into the transport system and transport infrastructure, which has the attribute of a «single digital platform» and is endowed with the function of managing the transportation process, automatically entails the elimination of the boundaries between the conditional «transportation» and the conditional «infrastructure for transportation», turning everything that belongs to «transport and logistics» into a single economic organism.

4. The implementation of artificial intelligence into the transport system and transport infrastructure, which has the attribute of a «single digital platform» and is endowed with the function of managing the transportation process, automatically entails not only the blurring of the boundaries between infrastructure of a «transport nature», but also actually turns the entire infrastructure of the state into a «single transport infrastructure».

5. The transformation of the entire infrastructure of the state into a «single transport infrastructure» due to the implementation of a high-tech element in the form of artificial intelligence into the process of its functioning entails fundamental changes in the methodological basis for the production of goods and their sale in commodity markets, since any production facilities will automatically be forced to not just integrate into a «single transport infrastructure», but to turn into just an element of such an «enormous infrastructure».

Even at the stage of «designing» a transport ecosystem based on the principles of artificial intelligence, in which the main means of producing goods will be an unmanned vehicle or a vehicle operating as autonomously as possible from a person capable of driving it, the qualimetric characteristics of rights should be assessed considering the following factors:

1. Since the transport ecosystem (as an economic ecosystem at the macro- or meso-level) is turning into a system operating on the principles of organisational unity (which is due to the need for centralised and uniform management from a single centre, dictated by considerations of national security), it is necessary to reconsider approaches to determining the nature of

economic entities' activities that are not capable by their nature of being organisations. After all, the future transport ecosystem of the discussed format will not be formalised into a legal entity or an organisation without the status of a legal entity. This will be an economic group of persons that is not an organisation, but operates on the basis of the principle of organisational unity, managed from a single centre on the basis of a single algorithm, but at the same time by many economic entities that make up such an economic group of persons.

This state of affairs turns the described economic group of persons into a legal monopoly on the commodity market, the nature of which is currently not determined (since it will gravitate more towards a state monopoly (and we believe that it is this approach that should be given priority, but clearly does not fall under the criteria of natural monopoly). Moreover, it is a legal monopoly, within which competition takes place. Moreover, this is competition of a special kind: the commodity market within the framework of such a legal monopoly will be the «market for rights to manage the commodity transportation market». And this presupposes a radical transformation in the nature of legal barriers, antitrust, conditioning, infrastructure and even industrial regulation.

2. The transport ecosystem, based on the principles of artificial intelligence, gives rise to another phenomenon: public utilities as a whole, industrial facilities and service sector facilities seem to «lose their independence». That is, if previously such objects functioned on their own, and transport and its infrastructure – on their own, then from the moment of formation of a full-fledged transport ecosystem based on the principles of artificial intelligence, utilities, industrial facilities and service sector objects turn into an element of transport ecosystem, the functioning of which (of the facility) must meet the requirements of the transport infrastructure, and not vice versa (as is the case now).

Accordingly, virtually all legislation regulating not only economic activity, but also the procedure for carrying out administrative procedures, and even marriage and family legislation will be subject to amendments, because from the moment of formation of a full-fledged transport ecosystem based on the principles of functioning of artificial intelligence, transport and its infrastructure will be no longer on the street, but actually in an apartment, and the apartment will turn into just an element of the transport ecosystem.

3. The transport ecosystem, based on the principles of artificial intelligence, gives rise to another, much

more fundamental, difficult to comprehend and dangerous phenomenon: along with «human rights», there is a need to develop and adopt «machine / technological law» – that is, a set of rules for the behaviour of a «large carrier» of artificial intelligence and of a separate machine – the carrier of artificial intelligence as part of the every-minute process of managing the transport ecosystem. After all, «simple» technical algorithms «imposed» on machines by humans will not work in this case, since the road is a constant movement in space and among circumstances.

Accordingly, in case of risks and threats of various nature, artificial intelligence will have to assess them and find a legitimate way out of the current situation. There are a huge number of examples when this would be necessary. So, if on the path of an unmanned vehicle that is in motion simultaneously with many other unmanned vehicles of a very different nature (starting from an unmanned drone performing the function of a pizza courier, and ending with an unmanned train levitating in the air (which is also quite possible to become a reality in the relatively near future)) an obstacle arises in the form of a person whom, as a general rule, the machine cannot harm, then the machine will certainly be forced to stop. But what if such a stop could lead to catastrophic anthropogenic consequences that cannot be prevented if this particular unmanned vehicle stops without alternative?! What if a necessary and inevitable condition for eliminating such a public danger is movement of an unmanned vehicle forward and causing harm to a person?! This means that in the «simple algorithm» for functioning of artificial intelligence it is necessary to add the legal construction of extreme necessity, justified risk and even «error in the presence of circumstances that exclude the «criminality» of the act of the bearer of artificial intelligence».

Or the second example: a person who finds himself in the path of an unmanned vehicle is a terrorist or a hired killer who threatens the life and health of the passengers of such a vehicle. Following the «simple algorithm» of functioning of the artificial intelligence carrier, the unmanned vehicle will have to stop and wait peacefully until the villain finalises his guilty intent and leaves the trajectory of our vehicle. Or maybe a vehicle not only can but should provide protection to its passengers in such a situation, while causing harm to life and health of a terrorist or assassin encountered on its way?! If the answer is affirmative, then it is necessary to add to the «simple algorithm» for functioning of artificial intelligence a completely legal structure of necessary defence or even actions to prevent socially dangerous consequences.

Third example: an unmanned vehicle should only be an indifferent witness to offenses of any kind, or it should actively participate in maintaining public order and ensuring national security (for example, in counter-terrorism activities). If it is given an active position, then this means a radical disruption of the entire system of law enforcement activities and the activities of state security agencies, suggesting the inclusion in the relevant legislation of another block / level of legal norms – «machine / technological law (robot law)».

At the same time, by «machine/technological law (robot law)» we mean not a digital algorithm incomprehensible to the common man, embedded in the processor of an artificial intelligence carrier, but a set of rules for the mutual «lawful» behaviour of a person and the machines around him, as well as similar mutual «lawful» behaviour of machines among themselves. The emergence of such a set of legal norms of a new format will entail not only the need to revise the design of the legal system and the rule-making process, but also to make a decision on determining the legal regime, and possibly even the legal status of the carrier of artificial intelligence.

From our point of view, humanity will be forced to recognize the most advanced carriers of artificial intelligence as subjectivised objects of rights. In addition, such subjectivised objects of rights will require «personification.» We believe that the institution of public identification objects (which is a new type of intellectual property object), proposed by the scientific school of economic law of Belarusian State University [12, P. 79; 13, P. 232].

The institutionalisation of our proposed concept of personification of artificial intelligence carriers in the future will allow us to solve several conceptual problems at once:

– To establish technological liability as a specific type of legal liability for artificial intelligence carriers (we have no doubt that there will be a need to institutionalise such liability).

– To develop a «formula» for distribution of legal and economic responsibility between the owner of the means of production within the transport ecosystem, based on the principles of functioning of artificial intelligence, the owner of other rights to such means (which, as is thoroughly noted, will become widespread in the future [14, P. 55]), investors, other interested parties, as well as artificial intelligence carriers managing the «core» of a single digital platform for managing the transport ecosystem of the future.

4. Another, no less «global» phenomenon generated by the transport ecosystem based on the principles of artificial intelligence is a radical breakdown of property relations.



From our point of view, in such conditions, investors will lose interest in obtaining ownership rights to transport and related infrastructure, as well as to unmanned vehicles operated using it. Most likely, individuals will either lose interest in owning such vehicles, or the state will establish a ban on such ownership. This will mean, conditioned by objective factors (most of which are forced), the need for actual nationalisation of the means of production within the transport ecosystem, based on the principles of functioning of artificial intelligence, and the «invention» of such an innovative property right to the means of production within the transport ecosystem of the future, which will combine all the positive aspects of all types of property rights (real, exclusive and obligatory).

5. The final phenomenon, which will certainly be generated not only by formation of a transport ecosystem based on the principles of functioning of artificial intelligence, but also by implementation of such technologies in public life, is the emergence of a previously unknown subject of public interest – a collection (a kind of society) of artificial intelligence carriers recognised as subjectivised objects rights and endowed with an object of public identification.

No matter how fantastic and implausible it sounds now, it is quite possible that very soon «trade unions of artificial-intellectual labour workers» may arise. This means that now we need to talk about a completely new format of quality in law and the quality of law itself [13].

## REFERENCES

1. Zemlin, A. I. Issues of Legal Regulation of Relations Related to the Use of Highly Automated Vehicles. *Journal of Russian Law*, 2022, Vol. 26, No. 12, pp. 58–69. DOI: 10.12737/jrl.2022.128.
2. 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. *World of Transport and Transportation*, 2022, Vol. 20, Iss. 4, pp. 117–122. DOI: 10.30932/1992-3252-2022-20-4-11.
3. Sinitsyn, S. A. Civil Law in Modern Socio-Economic Conditions. *Journal of Russian Law*, 2021, Vol. 25, No. 1, pp. 8–15. EDN: LTJBRQ.
4. Sinitsyn, S. A. Russian and foreign civil law in the conditions of robotization and digitalization. Experience in interdisciplinary and sectoral research: Monograph [*Rossiiskoe i zarubezhnoe grazhdanskoe pravo v usloviyakh robotizatsii i tsifrovatsii. Opyt mezhdisciplinarnogo i otrazhivayushchego issledovaniya: Monograph*]. Moscow, Infotropic Media, 2021, 212 p. ISBN: 978-5-9998-0371-9.
5. Chuchaev, A. I., Malikov, S. V. Responsibility for causing harm by a highly automated vehicle: state and perspectives. *Actual Problems of Russian Law*, 2019, Iss. 6 (103), pp. 117–124. DOI: <https://doi.org/10.17803/1994-1471.2019.103.6.117-124>.
6. Khabrieva, T. Y. Law Facing the Challenges of Digital Reality. *Journal of Russian Law*, 2018, Iss. 9 (261), pp. 5–16. EDN: OZGIAV.
7. Zemlin, A. I., Matveeva, M. A. Legal support for the implementation and use of unmanned vehicles: experience, problems and directions for their solution. *State and Law*, 2023, Iss. 12, pp. 121–130. DOI: 10.31857/S102694520029378-6.
8. 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. *World of Transport and Transportation*, 2023, Vol. 21, Iss. 3 (106), pp. 115–122. DOI: 10.30932/1992-3252-2023-21-3-11.
9. Ovchinnikova, A. V., Zimin, S. D. The birth of the concept of entrepreneurial ecosystems and its evolution [*Rozhdenie kontseptsii predprinimatelskikh ekosistem i ee evolyutsiya. Economics, entrepreneurship and law*, 2021, Vol. 11, Iss. 6, pp. 1497–1514. EDN: UQOBWL.
10. Kiselev, D. N. Cluster-network model of organizing socio-economic space as an innovative driver for development of the Russian economy [*Klasterno-setevaya model organatsii sotsialno-ekonomicheskogo prostranstva kak innovatsionnyy driver razvitiya rossiiskoi ekonomiki*]. *Regionalnoe razvitiye*, 2018, Iss. 1 (25). [Electronic resource]: <https://cyberleninka.ru/article/n/klasterno-setevaya-model-organizatsii-sotsialno-ekonomicheskogo-prostranstva-kak-innovatsionnyy-dravrazvitiya-rossiyskoy>. Last accessed 21.01.2024.
11. Bondarenko, N. L., Konanovich, Yu. G. Improving the conceptual and categorical apparatus of economic and legal science [*Sovershenstvovanie ponyatino-kategorialnogo appara khozyaistvenno-pravovoi nauki*]. *Current problems of civil law*, 2023, Iss. 1 (21), pp. 9–26.
12. Konanovich, Yu. G. Public economic activity as a type of economic activity [*Publicchnaya khozyaistvennaya deyatelost' kak vid khozyastvennoi deyatelnosti*]. *Socio-economic and legal studies*, 2023, Iss. 2 (72), pp. 73–83. EDN: BDFNUB.
13. Bondarenko, N. L., Konanovich, Yu. G., Lysakovskaya, Yu. O. Qualimetric law as a sub-branch of conditional law [*Kvalimetriceskoe pravo kak podotrasl konditsionnogo prava*]. *Bulletin of Perm University*, 2023, Iss. 2, pp. 231–256. DOI: 10.17072/1995-4190-2023-60-231-256.
14. Zemlin, A. I. Problems of Ensuring Safe Operation of Highly Automated Vehicles Using the Potential of Public and Private Law. *World of Transport and Transportation*, 2023, Vol. 21, Iss. 2 (105), pp. 54–60. DOI: 10.30932/1992-3252-2023-21-2-6.

### Information about the authors:

**Bondarenko, Natalia L.**, D.Sc. (Law), Professor, Head of the Department of Economic Law, Faculty of Law of Belarusian State University, Minsk, Belarus, [bondarenkonl@yahoo.com](mailto:bondarenkonl@yahoo.com).

**Konanovich, Yury G.**, Senior Lecturer at the Department of Economic Law, Faculty of Law of Belarusian State University, Minsk, Belarus, [konanewitsch@yahoo.com](mailto:konanewitsch@yahoo.com).

**Zemlin, Alexander I.**, D.Sc. (Law), Ph.D. (Philosophy), Professor, Honoured Scientist of the Russian Federation, Head of the Department of Russian State Social University, Expert of the Centre for Expertise in Transport of Russian University of Transport, Scientific Director of the «Transport Security» Department of the Scientific Expert Council of the Centre for Security Research of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, [zemlin.aldr@yandex.ru](mailto:zemlin.aldr@yandex.ru).

Article received 01.03.2024, approved 14.03.2024, accepted 18.03.2024.

• *World of Transport and Transportation*, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 196–202

**Bondarenko, Natalia L., Konanovich, Yury G., Zemlin, Alexander I. Legal Regime of Transport Ecosystems Based on the Principles of Artificial Intelligence**



# Unification of Terms of Maintenance and Repair of Passenger Railway Cars and Their Elements as the Main Part of Implementation of the Operational Stage of the Life Cycle Contract



Andrey S. SHINKARUK

**Andrey S. Shinkaruk**

Joint Stock Company «Federal Passenger Company», Moscow, Russia.

ORCID: 0000-0001-8462-8265.

✉ Shinkarukas@mail.ru.

## ABSTRACT

The article is devoted to consideration of issues of analysis of units and parts used in newly built rolling stock, their systematisation and formation of an accounting algorithm, as well as to the issues of their replacement with determination of problematic aspects and ways to level them. The service life of main elements and units used in passenger rolling stock has been studied, allowing to determine the terms of their periodic replacement, maintenance and repair, and to propose an algorithm for their control.

The study refers to the issues of replacement or maintenance of individual units, parts and elements of passenger cars with reference to the period of scheduled preventive maintenance, as well as to the need to consolidate individual requirements at the stage of designing the rolling stock and its elements in the regulatory and legal field to improve the efficiency of using rolling stock at the

operational stage of its life cycle and minimise the transfer of rolling stock to the non-working fleet withdrawing it from transportation activity.

The studies of the regulatory documentation supplied during manufacture of a car are followed by the analysis and systematisation of the service life of the car itself, as well as of its main units and assemblies.

This study is intended to improve the efficiency of rolling stock operation, systematise and, in some cases, establish requirements for the service life of individual units, mechanisms and elements in manufacture and design of passenger cars, simplify and optimise assessment of the life cycle cost of a car, synchronise the stages of the life cycle of individual elements of the rolling stock with the life cycle (cyclic replacement) of units and parts used in the rolling stock.

**Keywords:** railway transport, passenger car, repair, maintenance, unification, model, design.

---

*For citation:* Shinkaruk, A. S. Unification of Terms of Maintenance and Repair of Passenger Railway Cars and Their Elements as the Main Part of Implementation of the Operational Stage of the Life Cycle Contract. *World of Transport and Transportation*, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 203–208. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-8>.

*The original text of the article in Russian is published in the first part of the issue.*

*Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.*



## INTRODUCTION

One of the main directions in increasing the efficiency of rolling stock use is minimising its withdrawal from operational activities due to transfer to non-working fleet, which leads to a decrease in the efficiency of use and increases the costs of maintenance at the operational stage of the life cycle [1].

The issue of using the resources of service life of traction and rolling stock is systematically considered when forming both technical specifications for the manufacture of new products and in operation, including in terms of dependability and durability parameters [2]. At the same time, there are situations when manufacturers of individual units and assemblies supplied to passenger cars specify service life less than the service life of the car itself, or assume the possibility of their multiple replacement with reference to scheduled preventive maintenance or to its appointed term, which leads to an increase in the costs of car maintenance during the operational period of the life cycle [3].

Thus, from the analysis of domestic practices of operation of the main units and parts installed on passenger cars of models 61-4465, 61-4523, 61-4472, it follows that a significant number of car elements require periodic replacement of units and parts without reference to the next scheduled preventive repairs or they work out their standard service life before the end of the standard service life of the passenger car itself.

Thus, periodic replacement of such elements as a high-voltage converter, a system of environmentally friendly toilet complexes, etc. significantly reduces the rate of unscheduled withdrawal of the car from operation for replacement of elements following their assigned service life<sup>1</sup>.

The work carried out in recent years on interstate standardisation of the main requirements in the railway industry and, in particular, those imposed on passenger rolling stock, does not affect the issue of unification of service life of units and parts installed on manufactured or repaired rolling stock, since the regulatory framework, as a rule, regulates only the general principles, criteria and

requirements for units in terms of ensuring their dependability, strength, electrical and fire safety, as well as a number of other parameters<sup>2</sup>.

The objective of the study is to analyse the regulations and technical documentation used in manufacture, maintenance and repair of passenger cars, their units and parts. The study uses methods of normative and legal analysis, engineering modelling and comparative research.

## RESULTS

In accordance with the requirements of the Technical Regulations of the Customs Union «On Safety of Railway Rolling Stock» (TR CU 001/2011)<sup>3</sup>, it is stipulated that safety of railway rolling stock and its components must be ensured, among other things, by establishing designated service life and (or) product useful life (resource), as well as by conducting technical maintenance and repairs with the required frequency. At the same time, there are no requirements for mandatory linking of repair or maintenance of all units, parts and components of a car to technical maintenance of the car or scheduled preventive maintenance of the car itself.

Thus, to provide access for passengers with limited mobility, hydraulic lifts KPV-1<sup>4</sup> or KPV-2<sup>5</sup> are used, for which the frequency of maintenance in the volumes of TMR-1 [technical maintenance and repair], TMR-2 and TMR-3 is regulated before the next trip of the car (train), once a month and once every six months, respectively. However, according to regulatory requirements for the frequency of technical maintenance of rolling stock in the volumes of TMR-2 and TMR-3, it is carried out in preparation for summer and winter

<sup>2</sup> GOST [Russian State standard] 15.016-2016 «System for developing and putting products into production. Technical specifications. Requirements for content and design». Moscow, Standartinform publ., 2020, 31 p. [Electronic resource]: <http://gost.gtsever.ru/Data/642/64271.pdf>. Last accessed 26.10.2023.

<sup>3</sup> Technical Regulations of the Customs Union «On Safety of Railway Rolling Stock» (TR CU 001/2011). [Electronic resource]: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/texnreg/deptexreg/tr/Documents/TR%20Podvignoisostev%20PID.pdf>. Last accessed 26.10.2023.

<sup>4</sup> Set of car lifts KPV-1. «Passport OP.K92 PS». St.Petersburg. VNIITI publ.2001, 43 p.

<sup>5</sup> Set of car lifts (Model KPV-2). «Passport OL.K112PS». St.Petersburg. VNIITI publ. 2003, 50 p.

<sup>1</sup> Double-deck passenger cars. «Guidelines for depot and major (KR-1) repairs» 060 PKB TsL, 2014 RD, Moscow, JSC «Russian Railways», 205 p.

transportation, and in the volume of TMR-3 annually.

For autonomous operation during long-term parking, several passenger car series have an autonomous power supply system using diesel generator units<sup>6</sup>, for which the frequency of maintenance is calculated in engine hours, however, the frequency of maintenance of the car itself is calculated in calendar or running periods. Thus, the risk of violation or failure to comply with scheduled periods of maintenance or repair of individual units, parts or assemblies of the car, including those providing for placement of rolling stock in some cases for a long period in repair positions in repair and maintenance workshops, increases. This factor also reduces the efficiency of using rolling stock, which in turn affects the need for maximum use of rolling stock.

At the same time, based on the results of the analysis of such components used in passenger rolling stock as hydraulic vibration dampers, universal shock absorbers, brake equipment parts (anti-skid valve, pulse sensor), interior equipment components (regulating flaps, fire-resistant doors of passenger cars, video surveillance and registration system, mobile information, communication and configuration system), it was revealed that no standard service life has been established for them. The standard service life of 16 years has been established for components of electrical and high-voltage equipment (lighting fixtures, high-voltage cables and sockets, alarms). The service life of several types of equipment (environmentally friendly toilet complexes, cold and hot water supply units, window frames, on-board measuring complex for monitoring axle box heating, etc.) varies from 20 to 28 years. A service life of 40 years, similar to the designated service life of the double-decker passenger car itself, is regulated only for the body, bogies and inter-car gap-free coupling device (Table 1).

The results of the analysis of the nomenclature of manufacturers of units and parts used in double-decker passenger cars show that when developing repair and maintenance manuals, there was no coordination between the service life and

frequency of repair or maintenance of elements, units or parts of cars with the frequency of service life, repair and service of the car itself, which is necessary [4].

Along with the issues arising due to desynchronisation of the frequency of repair and maintenance of rolling stock, there is also the issue of the efficiency of using newly installed units on rolling stock. For example, after replacing the environmentally friendly toilet complex during operation, the car where it is installed could be written off with these units that have worked out only a third of the standard service life of the newly installed complex. And the use of this equipment when writing off the car itself can be predicted according to the following scenarios: writing off this complex together with the car or its dismantling, storage, relocation (if necessary) and placement on another car, which will require additional financial costs and additional distraction of personnel to carry out work on dismantling/installing the equipment, to use premises for its temporary storage.

## DISCUSSION

Thus, the issue of linking the frequency of repair and maintenance of parts, units and assemblies installed during construction of passenger rolling stock, as well as regulating the requirements for synchronising the frequency of maintenance, repair or the frequency of their replacement during the operational period of the car is very relevant [5].

It is possible to mitigate these risks in the following way.

1. At the stage of forming the technical assignment, the customer, when concluding a contract for purchase of rolling stock (in case that the owner of rolling stock will carry out maintenance and repairs on his own), shall regulate the requirements for synchronous frequency of repairs and maintenance of both the car as a whole and all its elements. When implementing it, risks may arise in finding alternative suppliers of individual elements of the car, which will ultimately lead to a change in the cost of the car, and additional time will be required to implement procedures related to approval of changes in design of the passenger car being developed.

2. When concluding a life cycle contract for manufacture and maintenance of rolling

<sup>6</sup> Undercar diesel generator set. Operation manual 076.01.00.00.00.000 RE, Voronezh, branch of JSC Vagonremmash, Voronezh Carriage Repair Plant, 2016, 34 p.



**Table 1****Main service life and frequency of repair of elements of a double-decker passenger car**

No	Product name	Service life	Repair frequency
Chassis and undercarriage equipment			
1	ZF Sachs vibration dampers	not regulated	not regulated
2	Shock absorber, universal	not regulated	depot repair – once every three years; major repairs – once every six years
3	Absorbing device with polymer elastic elements for automatic coupling devices of passenger rolling stock	recommended service life 28 years	repair of the device is carried out in accordance with the operations manual of the coupling device, in which it is integrated
4	Inter-carriage gapless coupling device	40 years	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
5	Set of closed rotary footrests	not less than 28 years	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
6	Bogie	40 years for the frame, bolster beam	600 000 km or three years
7	Torsion stabilizer	1 million load cycles	600 000 km or three years
Brake and auto brake equipment			
8	Tank	20 years	not regulated
9	Tank	20 years	not regulated
10	Anti-skid valve	not regulated	not regulated
11	Pulse sensor	not regulated	according to operations manual, repair and technical documents
12	Brake control device	20 years	according to operations manual, repair and technical documents
13	Tong mechanisms	not regulated	selective major repairs after three years of operation, according to the maintenance plan
14	Air distributor 242-1	20 years	according to operations manual, repair and technical documents for brake equipment
15	Electric air distributor 305	20 years, general	according to operations manual, repair and technical documents for brake equipment
16	Electric air distributor 305	15 years, coil	according to operations manual, repair and technical documents for brake equipment
17	Axial brake disc	by condition	turning according to condition
18	Collets	600 000 km	no
19	Pressure alarm	10 years	not established
20	Pressure relay	15 years	not established
21	FLEXBALL Remote Control Cable	16 years with KR-2	with KR-1 (4-5 years)
Electrical equipment			
22	Electrical equipment kit	not established	not established
23	Maintenance-free battery	average service life 12 years	not repairable
24	Door diagnostic unit	not less than 28 years	produced only by employees of the manufacturing plant
25	Automatic door control unit	not less than 28 years	produced only by employees of the manufacturing plant
26	Water heater	28 years	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
27	Lamp	16 years	once every two weeks
28	Heater ENZhV	20 years	
29	Axial fan	not regulated	every six months
30	Information panel	not regulated	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
31	Route panel	not regulated	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
32	Information panel controller	not regulated	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
33	Air disinfection plant	20 years	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
34	Low pressure amalgam bactericidal lamp	8000 hours or 4 years, or 5000 turning on	according to operations manual and repair and technical documents for equipment
35	Electronic starting control device	before KR-1, but not more than 8 years	according to operations manual and repair and technical documents for equipment
36	Socket MVS-1M-R185/2x95-4000/800	16 years	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
37	Receiver idle	16 years	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents

Nº	Product name	Service life	Repair frequency
38	Plug with cable	16 years	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
39	Plug with cable	16 years	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
40	Socket MVS-2-R185/2x95-4000/800	16 years	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
41	Set of converters for passenger cars with power supply from high-voltage mains	28 years	according to operations manual and repair and technical documents for equipment
42	Voltage converter	28 years	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
43	Control unit for car power supply with converter BUEV-P	not regulated	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
44	High voltage box	not regulated	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
45	Water disinfection plant	20 years	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
Internal and peripheral equipment			
46	Sealed inter-carriage passage	at least 16 years	1. monthly service 2. semi-annual service
47	Fire damper	not regulated	not regulated
48	Regulating valve	not regulated	preventive and periodic inspections of the valve at least once a year
49	Footrest rotating closed right	at least 28 years	not regulated
50	Footrest swivel closed left	at least 28 years	not regulated
51	Shower kit	resource 30000 hours, service life 16 years	not regulated
52	Mobile information, communication and configuration system	not regulated	not regulated
53	Fireproof door for passenger cars	not regulated	not regulated
54	Automatic air vent	not regulated	not regulated
55	Single-leaf side door with electromechanical drive	28 years	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
56	Double-leaf end door with electromechanical drive	28 years	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
57	Air duct kit	28 years	once every three years
58	Aluminium-plastic frames	28 years	after 600 000 km, once every 4–5 years
59	Installation of fire alarm and fire extinguishing systems	not regulated	not regulated
60	On-board measuring complex for temperature control of axle boxes of passenger cars	20 years	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
61	Control and diagnostic system for car electrical equipment	not regulated	not regulated
62	Controller for control of electric equipment of the car	not regulated	not regulated
63	Mixer	16 years	not regulated
64	Video surveillance and registration system	not regulated	not regulated
Elements of environmentally friendly toilet complexes and supply of cold and hot water			
65	Vacuum installation UVSh	28 years	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
66	Vacuum toilet	28 years	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
67	Toilet complex TK-05	28 years	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
68	Storage tank	28 years	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
69	Liquid level alarm	16 years	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents
70	Installation of cold and hot water supply	28 years	frequency of repair and technical maintenance coincides with operations manual, repair and technical documents

stock throughout the operational stage of the rolling stock life cycle, these risks will be on the side of the contractor, who himself, at the stage of rolling stock development, will be interested in synchronising this process and minimising the withdrawal of rolling stock from operation.

In the current conditions, when the rolling stock has already been purchased, and the issues of maintenance and repair are the responsibility of the owner, the most appropriate mechanism for carrying out maintenance and repair is to proceed according to a hybrid system with the linkage of replacement of car units and parts both to the term of maintenance in the amount of TMR-3 or scheduled preventive maintenance, and/or with formation of separate programs for their replacement according to a separate schedule. To accomplish this task, it is necessary to develop software capable of tracking and automatically predicting replacement of individual elements of the rolling stock decommissioned according to the calendar or running period.

## CONCLUSIONS

The following effects are achieved by switching to the proposed system of repair and maintenance of passenger rolling stock.

1. *Increased traffic safety.* It will be possible to identify and eliminate rolling stock malfunctions during scheduled repairs or maintenance of rolling stock, i. e. before they cause an incident or equipment failure.

2. *Cost reduction.* Due to this approach, timely replacement or repair will reduce the risk of a car being idle for a long time in a non-operating yard when a critical malfunction of a rolling stock unit or assembly occurs or develops.

3. *Increased dependability* due to timely and complete scheduled maintenance and repair work on rolling stock, as well as timely replacement of car units and parts that have reached the limits of their standard service life.

4. *Improving the quality of service and introducing advanced diagnostic tools, automatic control, digitalisation of rolling stock repair and maintenance processes*, allowing to identify systemic faults of individual elements of cars, eliminate the risks of receiving individual faulty elements or a batch of products both during construction of rolling stock and during maintenance or repair, which will have a positive effect on the quality of services provided and will improve the comfort of passenger travel.

In general, the use of a hybrid repair and maintenance system has many positive effects for ensuring high-quality operation of rolling stock and achieving a high level of dependability, ensuring safety and efficiency of passenger rolling stock.

## REFERENCES

1. Babkov, Yu. V., Belova, E. E., Potapov, M. I. On the issue of classification of failures of railway traction rolling stock [K voprosu klassifikatsii otkazov zheleznodorozhnogo tyagovogo podvizhnogo sostava]. *Reliability. Structural reliability. Theory and practice*, 2021, Vol. 21, Iss. 4, pp. 12–19. EDN: WALXMP.
2. Palamarchuk, N. V., Palamarchuk, T. N., Chekhlaty, N. A., Filimonov, I. V. Determination of performance indicators of traction rolling stock based on the criteria of technical and economic improvement of equipment using a fuzzy logic system [Opredelenie pokazatelei effektivnosti tyagovogo podvizhnogo sostava po kriteriyam tekhnicheskogo i ekonomicheskogo sovershenstvovaniya oborudovaniya s ispolzovaniem sistemy nechetkoi logiki]. *Collection of scientific works of DONIZhT. Railway rolling stock*, 2021, Iss. 63, pp. 63–81. [Electronic resource]: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-pokazateley-effektivnosti-tyagovogo-podvizhnogo-sostava-po-kriteriyam-tehnicheskogo-i-ekonomicheskogo-sovershenstva?ysclid=lt8nil82sw954727310>. Last accessed 27.10.2023.
3. Shishkov, A. D., Dmitriev, V. A., Gusakov, V. I. Organisation, planning and management of production for repair of rolling stock [Organizatsiya, planirovaniye i upravleniye proizvodstvom po remontu podvizhnogo sostava]. Ed. By A. D. Shishkov. Moscow, Transport publ., 1997, 342 p. ISBN 5-277-01998-7.
4. Voronova, N. I., Dubinsky, V. A. Technical maintenance and extension of the service life of passenger cars [Tekhnicheskoe obsluzhivanie i prolyenie zhiznennogo resursa passazhirskikh vagonov]. Moscow, KNORUS publ., 2011, 208 p. ISBN 978-5-406-00569-9.
5. Akhmedzhanov, R. A., Krivoruchenko, V. F. Diagnostics of car units and parts during manufacture, repair and under operating conditions [Diagnostirovaniye uzlov i detalei vagonov pri izgotovlenii, remonte i v usloviyakh ekspluatatsii]. Part 2. Moscow, TMC for education on railway transport, 2013, 315 p. ISBN 978-5-89035-632-1.

### Information about the author:

**Shinkaruk, Andrey S.**, Ph.D. (Eng), Chief Auditor for Train Traffic Safety of the Joint Stock Company «Federal Passenger Company», Moscow, Russia, Shinkarukas@mail.ru.

Article received 22.09.2023, approved 25.12. 2023, accepted 28.12.2023.



# A Concept of Integrative Development and Functioning of the System of Road Passenger Transport Services under Seasonal and Cyclic Conditions in Regional Resort Agglomerations



Alexey E. KRAVCHENKO

**Alexey E. Kravchenko**

*Kuban State Technological University (KubSTU), Krasnodar, Russia.  
✉ [pupsan2003@mail.ru](mailto:pupsan2003@mail.ru).*

## ABSTRACT

The relevance of the research topic is determined by the process of the competitive and comprehensive development of regional resort agglomerations (RRA) in the Russian Federation, of the corresponding service areas and infrastructure.

The objective of the article is to substantiate the process of competitive and comprehensive development of the RRA service infrastructure by increasing the coordinated interaction of the «resort-tourist» and «road passenger transport» service areas, considering specificity of seasonality and cyclicity of volumes of customer activity of multi-segment personal and mass focused customer groups and the declared quality of service support.

The growth of the coordinated interaction of these service areas is conceptually ensured by the process of development and functioning of the integrative business system of road passenger transport services (RPTS), managed by the initiator, that motivationally involves business entities of the road transport business, owing their own resource capacity, and within which the rational marketing interactions thereof are carried out in the strategic business areas of RRA, considering the mentioned seasonal-cyclical specificity and factors of the quality of service follow-up.

In accordance with the author's proposals, development and functioning of the integrative business system of RPTS can be initiated by a regional economic entity with the status of a core system integrator, using various forms of marketing integration and strategies for running the road transport business in the context of coordinated interaction of the specified service spheres in the RRA to organise its business activity.

The effectiveness of the study are determined by its structural components: identification of seasonal and cyclical features of functioning of road passenger transport in the RRA as well as of a system-forming factor (initiator) influencing the increase in the competitiveness of the RRA service infrastructure due to development and effective functioning of the integrative business system of RPTS; construction of a structural diagram of business process management of the integrative road transport business of the initiator in the RRA marketing and communication environment; development of a categorically controlled service capacity; modelling of the coordinated interaction system of the «resort and tourist» and «road passenger transport» service areas within the RRA; a proposed economic and mathematical indicator of «integral economic effect» is composed by the sum of operational effects from the functioning of the RPTS integrated business system in the RRA.

The analysis carried out in the article gives ground for a conclusion that one of the effective ways to solve the problem of providing growing competitive and comprehensive development to the service infrastructure of regional resort agglomerations is introduction of the concept proposed by the author, which has an important socio-economic significance, since it makes a significant contribution to development of the behavioural economy of the region, ensures an increase in the efficiency of the passenger transportation management system and road transport services' quality management under the seasonal-cyclical conditions of the RRA.

**Keywords:** system, development, functioning, personal and mass focused demand, comprehensive motor transport service, quality, competitiveness, region, resort agglomeration, economic effect.

---

**For citation:** Kravchenko, A. E. A Concept of Integrative Development and Functioning of the System of Road Passenger Transport Services under Seasonal and Cyclic Conditions in Regional Resort Agglomerations. *World of Transport and Transportation*, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 209–216. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-9>.

**The original text of the article in Russian is published in the first part of the issue.**

**Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.**

## INTRODUCTION

Competitive development of the resort and tourism sector in the Russian Federation is ensured by programs and strategies for socio-economic development and is a source of growth in investment attractiveness, income, taxable base for regional economies, as well as represents an integrative factor in development of marketing interactions between segmented economic entities in the passenger transport business [1]. One of the key segments of the regional business in the resort and tourism sector is the road transport segment, namely road passenger transport services (RPTS) with associated infrastructure and service support [2].

The system development of the RPTS is a strategic instrument that has a significant impact on the perfect functioning of recreation and tourism industry, is a guarantor of transport accessibility of the territorial space of the entire resort region, especially if road transport is the only mode of transporting passengers to the place of rest, treatment, entertainment and tourism, determines the growth of mobility of the local population, vacationers and tourists in relation to customer attraction objects due to the seasonal conjugation of markets and service infrastructure of the transport and resort and tourism business areas, and also ensures the dynamics, diversification and efficiency of socio-economic development of a region and an increase in the quality of life of its residents [3].

Seasonality and cyclicity (winter-summer) of regional resort agglomerations (RRA) are characterised by regular (systematic) changes in volumes (decrease in winter and increase in summer) of customers' personal and mass focused demand, which, in turn, ensures changes and determines adaptation of the marketing behaviour of the entities which are transportation operators in the context of the rational use of their resources and technical capacity in conformity with declared quality of RPTS in strategic business zones in RRA [4].

The impulse-seasonal nature of seasonal-targeted personal-mass customer demand, together with the agglomeration type of development of regional resort-tourist territories, caused by the growing popularity of the recreation and tourism sector, determines the system-forming approach to design and management of the road transport business by transportation business entities in the conditions of coordinated interaction of the «resort-tourist» and «road passenger transport» areas in the RRA to achieve a competitive trajectory of development of the service infrastructure of the RRA and to ensure the

declared quality of services, thus underlining the relevance of the problem [5–10].

## REVIEW OF LITERATURE SOURCES

There are various scientific and practical points of view on the solution of the problem of increasing the competitiveness of the service infrastructure of the RRA, which lie, in most cases, in the plane of improving the management of passenger transportation, but without due consideration of the specifics of the agglomeration factor of the development of regional resort areas, the seasonal-cyclic (impulse) influence of customer activity of the population on the structure of road passenger transport services as well as on related services. The influence of tourism on the process of coordinated improvement of organisation of passenger transportation by various modes of transport under the seasonal-cyclic conditions of multi-segment customer activity in the RRA is considered to an insignificant extent. The issue of managing marketing communications between transportation business entities isn't either completely described, namely regarding the conditions of interaction of the «resort-tourist» and «passenger motor transport» service areas in the RRA.

The above is confirmed by the categorical reflection in the research works:

– The works [1–26] are dedicated to organisation, functioning and development of road passenger transport, as well as of the markets for passenger transport services with the accompanying service infrastructure, in particular, in the context of forecasting customer demand at the regional and city level.

– The works [27–33] refer to providing quality and improving the efficiency of RPTS at the regional and city level.

– The works [34–42] focus mainly on the influence of integration processes (in the tourism sector and in the field of passenger transportation) on improving the efficiency of strategic management, business communications, and operations.

In this regard, the application of the author's concept seems relevant and requires scientific and theoretical rationale.

## RESULTS AND DISCUSSION

According to the results of the study of regional resort agglomerations (Sochi, Anapa, Gelendzhik, Novorossiysk, Tuapse resort agglomerations) of Krasnodar region, it was revealed that they change the functional status of road passenger transport to strategic one due

to the change in seasonal-cyclic conditions (winter-summer), which have an impulse effect on the growth of volumes of multi-segment customers' personal and mass focused demand (the summer period exceeding up to 3 or more times the winter period) for transportation in the RRA [11–13].

If we assess the significance of passenger transportation from the position of the functional status only, then its roles refer to connectivity and accessibility [14–21]. The connecting role is ensured by the transport accessibility of the RRA territory for the local population, and the role for accessibility affects the dynamics and structure of transport mobility, also for the local population. Moreover, the roles it plays for connectivity and accessibility are significant for the passenger transportation system only outside the tourist holiday period, since in most cases transportation is focused on job, rest, entertainment and similar destinations for residents.

It is important to emphasise that in winter sustainability of the passenger transportation system is not practically influenced by the flow of vacationers and tourists, since those who arrive at the resort most often use their personal vehicles for travel, and the remaining flow does not exceed 15–25 % of the total volume of passenger transportation in the settlements of the RRA (except for Sochi agglomeration, in which the resort season is year-round, and the growth in passenger transportation volumes can reach from 70 % to 100 %).

If we assess the significance of road passenger transportation from the position of strategic status, we should talk about the tourist holiday period, which can last up to 6 months (from May to October), and when not only the residents are transported, but also those who have arrived at the resort with various purposes [22–26]. This state of the issue affects not only the passenger transportation system, but also recreation, treatment, entertainment and tourism industries, and, as a result, the sustainable functioning of the entire socio-economic system of the RRA. In this connection, the connectivity and accessibility roles of road passenger transport are complemented by marketing and communication, financial-economic and investment-image roles, forming a categorical functionality of that role, while some substantive components are added to the roles referring to connectivity and accessibility [27]:

– The connecting role influences not only the transport accessibility of the RRA territory, but

also accessibility of distinct types of transport services for all segments of the permanent residents, vacationers and tourists through the territorial-spatial coupling of strategic transportation zones with their infrastructure facilities and service provision.

– The accessibility role influences transport mobility of all personal and mass focused customers' categories and considers also flexibility of interaction of various transportation technologies (i.e., has an impact on the choice of places of rest, treatment, entertainment and tourism for both local and visiting populations).

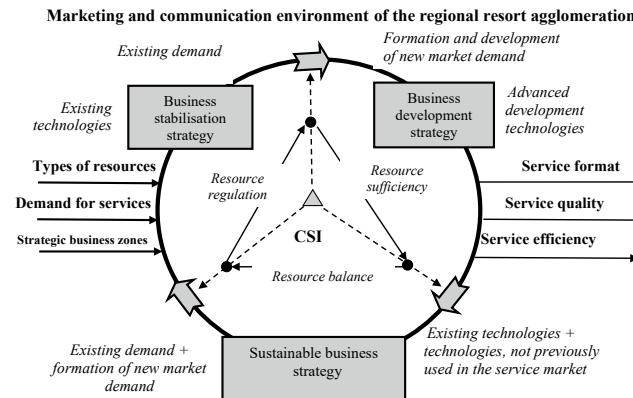
– The marketing and communications role influences the dynamics and structure of the behavioural economy (marketing communications regarding road transport; passenger transportation volumes by transportation entities of different status operating in the strategic business zones of the RRA).

– The financial and economic role influences affordability and attractiveness of road passenger transport services and related transportation services, as well as the revenues of core sectors of the economy of the region and satellite cities; acts as a backup resource of transportation capacity and a reliable resource and service (technological) element of the entire regional passenger transport system, ensuring its sustainable functioning under the conditions of summer intraregional, interregional and global customer loads; determines the directions and rate of economic and competitive development of the resort region due to the financial security of development of the entire service and infrastructure potential of the resort and tourism sphere; allows for a systematic increase in the integral economic effect for the recreation and tourism industry due to ensuring the declared service quality.

– The investment and image role influences the dynamics and diversification of the socio-economic development of the resort region and satellite towns; contributes to increase in investment attractiveness of the RRA including of its resource and service potential and infrastructure through participation in building of flexible, technologically coordinated chains with a high-quality integrated services (including those meeting integrated personal and mass focused demand).

The above allows us to conceptually state that road passenger transport, operating in the RRA, acquires strategic features, which require





*Pic. 1. Structural diagram of business process management of CSI in the marketing and communications environment of the RRA [developed by the author].*

development of additional organisational and managerial actions and strategies for conducting transport business to increase the competitiveness of the service infrastructure under the seasonal and cyclical conditions of customer activity in the RRA [28–34].

In this regard, it is proposed to create a «core» system integrator (CSI), i. e., a regional economic business entity that allows for effective management of development and functioning of the communication and strategic business system of the RPTS, as well as of the rational implementation of operational business processes based on various marketing strategies for conducting the road transport business in the RRA. The structural diagram of management of the CSI business processes in the marketing and communication environment of the RRA is shown in Pic. 1. The input includes a set of service resources of integrative economic entities within the strategic partnership, segmented customer demand; identifies strategic business zones (SBZ). The output creates and implements a competitive format of services of the road passenger transport services' business system assesses the effectiveness and quality of the services provided.

CSI is a managing agent coordinating the entire business system of the RPTS considering implementation of effective marketing strategies for conducting road transport and related businesses, guided by a resource and service base rationally formed to meet the volumes of customer demand through activation of integration processes, and by the required quality of road passenger transport services in the RRA [35–38].

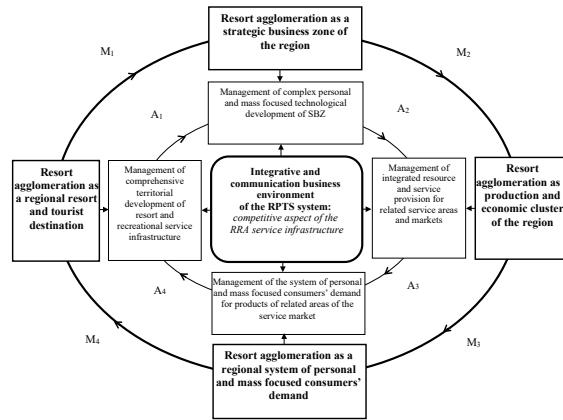
In this case, the target of the CSI is the constant (systematic) improvement of business

processes in terms of efficiency, quality, and performance. In essence, the CSI business processes are proposed to be classified into basic ones and process referring to infrastructure facilities (entities), development, and management.

Basic business processes provide the CSI with the bulk of its profits through the sale of passenger and related road transport services (on a regular and chartered basis with personal, selective, and (or) collective servicing). Business processes referring to infrastructure facilities support the infrastructure and business communications of the CSI. Development business processes provide for strengthening of competitive positions of the CSI in the market of resort and tourist services in the medium and long term. Business processes of management regard implementation of all functions of management (planning, forecasting, organisation, diagnostics, regulation, coordination, control, evaluation, analysis and accounting) of the CSI and are its cost centres.

The classification of business processes proposed by the author allows to optimise production and economic activities of the CSI with regard to the series of factors: structure and interrelation of business processes, costs of business processes, centres of responsibility for efficiency of business processes, structure of profit from business processes, etc.

In addition to defining target settings for participants of strategic partnership, by means of activation and regulation of integration processes the CSI provides [39; 40]: a) resource and technological balance in the related markets of resort and tourist and road transport services in the RRA; b) increasing efficiency of use of resource potentials of system business entities in



**Pic. 2. Model of manageable service capacity of coordinated interaction of «resort-tourism» and «road passenger transport» service areas in RRA:  $M_1, M_2, M_3, M_4$  and  $A_1, A_2, A_3, A_4$  – respectively manageable main (M) and additional (A) competitive factors of coordinated interaction of «resort-tourism» and «road passenger transport» service areas [developed by the author].**

strategic business zones in the RRA; c) comprehensive improvement of quality of service in the RRA; d) obtaining and rationally distributing the integral economic effect between system business entities; d) modelling marketing strategies for managing business processes under changing conditions of personal and mass focused customer activity in the RRA.

The timely achievement of the target setting of the CSI. i.e. increasing the competitive and comprehensive development of the service infrastructure of the RRA, considering the seasonal and cyclical specifics of the volumes of customer activity of multi-segment personal and mass focused customers' groups and the declared quality of service support, is proposed to be ensured through the effective use of the service capacity of the coordinated interaction of the «resort-tourism» and «road passenger transport» service areas with manageable main and additional competitive factors (Pic. 2) [41; 42].

If the main competitive factors form only the natural potential of attractiveness of the RRA, with narrow entrepreneurial activity towards development, then additional competitive factors, together with the main ones, on the example of the considered sphere of road passenger transport services form a complex competitive advantage due to diversification and efficiency of system-forming business processes of the service capacity of the coordinated interaction of the «resort-tourist» and «passenger motor transport» service areas in the RRA (Table 1). Such a state of the issue contributes not only to an increase in the rate of socio-economic development and investment attractiveness of the entire resort region, but also entails an

increase in the flow of vacationers and tourists already thanks to its tourist resort image with a regular increase in the corresponding integral economic effect.

In general, it is proposed to assess the effectiveness of the developed and functioning communication and strategic business system of the RPTS in the RRA using the economic and mathematical indicator, i.e., the «integral economic effect», which is presented by the following author's formula:

$$IE_{RZT} = \sum_{i=1}^n IE_{Ri} \cdot S_{Ri} + \sum_{j=1}^m IE_{Zj} \cdot S_{Zj} + \sum_{k=1}^r IE_{Tk} \cdot S_{Tk},$$

where  $IE_{Ri}$ ,  $IE_{Zj}$ ,  $IE_{Tk}$  are respectively, operative effects from transportation by road passenger transport of the  $i$ -th,  $j$ -th,  $k$ -th personal and (or) mass destination (on a regular (R) or chartered (Z) basis, as well as by passenger taxis (T)) for different segments of the customers' groups in the RRA;

$S_{Ri}$ ,  $S_{Zj}$ ,  $S_{Tk}$  are accordingly, the number of seasonal times series (cycles) of passenger transportation on regular or chartered basis and by passenger taxis in the RRA.

The integral economic effect ( $IE_{RZT}$ ) combines all operative effects obtained from implementation of the integrative resource and service potential of the interacting participants of the strategic partnership in the RRA for certain seasonal-temporal cycles of road passenger transportation, which allows us to draw conclusions (based on the calculation results) about the seasonal target-related surge (or decline) in personal and mass focused customers' demand and to take appropriate organisational actions that affect the systematic increase in the integrated economic effect.



Table 1

**Service capacity of coordinated interaction of the «resort-tourist» and «road passenger transport» service areas in the RRA with manageable competitive factors [developed by the author]**

Regional resort agglomeration (RRA)		Competitive factors and results from coordinated interaction of the «resort-tourism» and «road passenger transport» service areas in the RRA	
Category / <i>Capacity of destination</i>	Functionality of the destination	Main competitive factors (M)	Additional competitive factors (A)
<b>Resort and recreational destination</b> <i>Resort and recreational potential</i>	Development of a single territorial space for the development of resort and recreational service infrastructure	<p><i>Management of integrated spatial and territorial development of resort and recreational service infrastructure</i></p> <p><b>M<sub>1</sub>:</b> existing geographic location, climate, seasonal cycles, landscape, territorial potential for the development of resort and recreational service infrastructure, image and investment attractiveness of the RRA territory</p>	<p><b>A<sub>1</sub>:</b> spatial and territorial development of the passenger transport system infrastructure with related services in combination with related areas of resort and tourism businesses in the RRA</p>
		<b>Result:</b> integrated spatial and territorial development of the entire resort and recreational service infrastructure of the RRA	
<b>Strategic business zone</b> <i>Market and technological potential</i>	Development of a single territorial-communicative space for related service areas and markets	<p><i>Management of integrated personal-mass focused technological development of the SBZ</i></p> <p><b>M<sub>2</sub>:</b> favourable economic conditions for combined development of various service areas and markets in the territorial-communication space of the RRA</p>	<p><b>A<sub>2</sub>:</b> coordinated personal and mass focused technological accessibility in the SBZ of the RRA in conformity with the declared efficiency and quality of passenger transport services and related services</p>
		<b>Result:</b> comprehensive improvement of the efficiency and quality of personal and mass focused technological accessibility in the SBZ of RRA	
<b>Production and economic cluster</b> <i>Integrative resource potential</i>	Development of a single marketing and communication business environment for economic systems of related service areas and markets	<p><i>Management of integrated resource and service provision of related service areas and markets</i></p> <p><b>M<sub>3</sub>:</b> favourable administrative and legal climate and computer information and communication capacities (systems) for managing the integration of economic systems of related service sectors together with their resource capacity for the purpose of diversifying and increasing the efficiency of services (production)</p>	<p><b>A<sub>3</sub>:</b> unification and standardisation of production and technological (and labour) resources of economic systems of related service sectors for development of a comprehensive resource and service capacity of the RPTS system in conformity with the declared efficiency and quality of road transport services in the SBZ of RRA</p>
		<b>Result:</b> comprehensive distribution of integrative resource provision of participants in the strategic partnership in the SBZ of RRA, which is rational and standardised in conformity with the declared efficiency and quality of transport services	
<b>System of Personal and mass focused Customers' demand</b> <i>Demand-focused customer potential</i>	Development of a single database on the volume of potential customers of services in related service areas and markets	<p><i>Management of the system of personal and mass focused customer demand for products of related service areas and markets</i></p> <p><b>M<sub>4</sub>:</b> seasonal cycles, national and cultural characteristics and potential personal and mass focused volumes of customers in related business areas in the resort and tourism sector of the regional economy</p>	<p><b>A<sub>4</sub>:</b> identification of segment composition and potential volumes of personal and mass focused customer demand for transport and technological products of the RPTS system for related markets of passenger transport services in the RRA</p>
		<b>Result:</b> comprehensive and system satisfaction of the requirements of personal and mass focused customer demand for high-quality service provision in the SBZ of RRA	

## CONCLUSION

In modern market conditions, the tourism factor defines a new area of priorities and scientific approaches to solving the problem of increasing the competitiveness and comprehensive development of regional resort agglomerations together with their corresponding service infrastructure and service areas, considering the seasonal and cyclical specifics of formation of volume customer activity within multi-segment personal and mass focused customers' groups and the declared quality of services provided. Achieving such a goal is

possible through construction of a client-focused and resource-balanced business system of RPTS in the resort region. The issue is focused on the theory of compromises in the integrative economic activity of various economic entities operating in the associated resort-tourist and road passenger transport service areas of the resort region. The implementation of the system integration process makes it possible to effectively interact in the market space, as well as to use resource and service capacity in the strategic business zones of the RRA with a possibility to obtain

a higher economic result (integral economic effect).

## REFERENCES

1. Pistun, E. I., Bludyan, N. O., Moroz, D. G., Kheifits, P. I. Agglomeration problems of organising an efficient transport system [Agglomerationne problem organizatsii effektivnoi transportnoi sistemy]. *Automation and control in technical systems*, 2014, Iss. 2 (10), pp. 3–13. [Electronic resource]: auts.esrae.ru/ru/10–161. EDN: SXSAIH. Last accessed 27.09.2023.
2. Kravchenko, A. E., Gura, D. A., Dernovoy, A. Yu. Passenger transport service market functioning and development management in urban agglomerations based on integrated approach. *Amazonia investiga*, 2018, Vol. 7, Iss. 13, pp. 331–350. [Electronic resource]: <https://amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/566/534>. Last accessed 27.09.2023.
3. Kravchenko, A. E., Gura, D. A. Motor transport development management in regional resort agglomerations: theoretical and methodological aspects. *Revista Cientifica Orbis*, 2023, Especial Internacional (año 14), pp. 35–45. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7896849>.
4. Popov, A. A. Modelling peak periods of transport services for mass events [Modelirovaniye pikovykh periodov transportnogo obsluzhivaniya massovykh meropriyatiy]. In: *Problems of functioning of transport systems. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference of students, Ph.D. students and young scientists (with international participation)*, 2014, pp. 202–205. EDN: TOZNFN.
5. Kotelnikova, V. E. Transport Infrastructure of the Tourism. *World of Transport and Transportation*, 2012, Iss. 4 (42), pp. 118–123. [Electronic resource]: <https://mirtr.elpub.ru/jour/article/view/713>. EDN: PFFKQN. Last accessed 27.09.2023.
6. Kutepova, G. N. Organisation of transport services in tourism [Organizatsiya transportnogo obsluzhivaniya v turizme]. *Transportnoe delo Rossii*, 2011, Iss. 4, pp. 179–181. EDN: QIPQJZ.
7. Kutepova, G. N. The impact of transport provision on the quality of the tourist product [Vliyanie transportnogo obespecheniya na kachestvo turistskogo produkta]. *Transportnoe delo Rossii*, 2008, Iss. S6, pp. 100–102. EDN: SFWIMT.
8. Butko, I. I., Rubanik, A. N., Sitnikov, V. A. Tourism and transport: Monograph [Turizm i transport: Monografija]. Ed. by Butko, I. I. Rostov-on-Don, RSTU publ., 2014, 150 p. ISBN 978-5-8814-352-0.
9. Smagulov, D. K., Sadykova, R. K. Fundamentals of cluster organization of the tourist services market [Osnovy klasternoi organizatsii rynka turistskikh uslug]. *Bulletin of Turan University*, 2016, Iss. 4 (72), pp. 150–154. EDN: UZMWAL.
10. Kravchenko, A. E. Methodology to evaluate the competitive potential of the transportation business entities, providing flexible passenger transport services by road in resort areas [Metodika otsenki konkurentnogo potentsiala subektov perevozochnogo biznesa, osushchestvlyayushchie gibkie transportnie uslugi passazhirskim avtomobilnym transportom v kurortnykh zonakh]. *Transport: science, technology, management*, 2013, Iss. 1, pp. 80–83. EDN: PVEAMR.
11. Kravchenko, A. E., Kravchenko, E. A., Osennyyaya, A. V. Geoinformation systems in logistics processes in passenger transport: theory and practice: Monograph [Geoinformatsionnie sistemy v logisticheskikh protsessakh na passazhirskom transporte: teoriya i praktika: Monografija]. Krasnodar, KubSTU publ., 2018, 228 p. ISBN 978-5-8333-0735-9.
12. Kravchenko, A. E. Features of transport services for the population of resort areas by passenger bus transport [Osobennosti transportnogo obsluzhivaniya kurortnykh zon avtobusnym transportom]. *Gruzovoe i passazhirskoe avtokhozyaistvo*, 2010, Iss. 3, pp. 45–52. EDN: RSDSAN.
13. Bogdanova, T. V., Oshchepkova, E. S. Study of the influence of seasonality processes on the quality of passenger service by an airline at the airport of departure [Issledovanie vliyaniya protsessov sezonnosti na kachestvo obsluzhivaniya passazhirov aviakompaniei v aeroportu otpravleniya]. *Vestnik Universiteta (State University of Management)*, 2015, Iss. 11, pp. 83–89. EDN: VJJFNH.
14. Kravchenko, A. E., Kravchenko, E. A., Desyatov, Ya. M. The main innovative directions of development of science in the field of ecology and transport of the future [Osnovnie innovatsionnie napravleniya razvitiya nauki v oblasti ekologii i transporta budushchego]. *Gruzovoe i passazhirskoe avtokhozyaistvo*, 2010, Iss. 2, pp. 33–38. EDN: RSDRUI.
15. Donchenko, V. V., Kupavtsev, V. A. Study of urban infrastructure elements for personal mobility devices safe movement. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*, 2023, Vol. 20, Iss. 3, pp. 338–349. EDN: BVBDTX. DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-3-338-349>.
16. Gerami, V. D. Methodology of development of the urban public transport system. D.Sc. (Engineering) thesis. Moscow, MADI University, 2001, 328 p. EDN: QDMOGN.
17. Korchagin, V. A., Grinchenko, A. V. Methods of forecasting demand for urban passenger transport services [Metody prognozirovaniya sprosa na uslugi gorodskogo passazhirskogo transporta]. *Collection of abstracts of reports of scientific conference of students and Ph.D. students of LSTU*. Lipetsk, LSTU publ., 2004, pp. 142–145.
18. Mamaev, E. A., Khashev, A. I. Modeling of transport systems: choosing a decision support system [Modelirovaniye transportnykh system: vybor sistemy podderzhki prinyatiya reshenii]. In: *The collection of works «Transport and logistics: innovative development in the context of globalization of technological and economic ties»*. Rostov-on-Don, RSTU publ., 2017, pp. 172–176. EDN: ZGGLBF.
19. Maksimova, S. Yu. Formation and development of transport infrastructure of the region. Abstract of Ph.D. (Economics) thesis [Formirovaniye i razvitiye transportnoi infrastruktury regiona. Avtoref. dis. ... kand. ekon. nauk]. Stavropol, North-Caucasian State Techological University, 2010, 21 p. EDN: NLHIXH.
20. Kravchenko, A. E. Main directions of sustainable development and functioning of passenger motor transport [Osnovnie napravleniya ustochivogo razvitiya i funkcionirovaniya passazhirskogo avtomobilnogo transporta]. *Gruzovoe i passazhirskoe avtokhozyaistvo*, 2010, Iss. 10, pp. 85–90. EDN: RSGFHV.
21. Kravchenko, E. A., Kravchenko, A. E. Current state and prospects for sustainable development of passenger motor transport in Russia [Sovremennoe sostoyanie i perspektivy ustochivivogo razvitiya passazhirskogo avtomobilnogo transporta v Rossii]. *Advances in current natural sciences*, 2011, Iss. 2, pp. 130–134. EDN: NBFNYN.
22. Yakimov, M. R., Arepieva, A. A. Transport planning. Features of modelling transport flows in large Russian cities: Monograph. [Transportnoe planirovaniye. Osobennosti modelirovaniya transportnykh potokov v krupnykh rossiyskikh gorodakh]. Moscow, Logos publ., 2016, 280 p. ISBN 978-5-98704-709-5.
23. Hensher, D. A., Golob, Th. F. Bus rapid transit systems: a comparative assessment. *Transportation*, 2008, Vol. 35, Iss. 4, pp. 501–518. DOI: [10.1007/s11116-008-9163-y](https://doi.org/10.1007/s11116-008-9163-y).
24. Odeek, J. The effect of mergers on efficiency and productivity of public transport services. *Transportation*



*Research Part A: Policy and Practice*, 2008, Vol. 42, Iss. 4, pp. 696–708. DOI: 10.1016/j.tra.2007.12.004.

25. Sheth, Ch., Triantis, K., Teodorović, D. Performance evaluation of bus routes: a provider and passenger perspective. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 43, Iss. 4, pp. 453–478. DOI: 10.1016/j.tre.2005.09.010.

26. Boudali, I., Ben Jaafar, I., Ghedira, Kh. Distributed decision evaluation model in public transportation systems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2008, Vol. 21, Iss. 3, pp. 419–429. DOI: 10.1016/j.engappai.2007.05.007.

27. Kravchenko, A. E., Kravchenko, E. A., Kravchenko, E. E. Main directions of transport and logistics provision of high-quality service to the population and vacationers of Krasnodar region by road transport [*Osnovnie napravleniya transportno-logisticheskogo obespecheniya kachestvennogo urovnya obsluzhivaniya naseleniya i otdykhayushchikh Krasnodarskogo kraya avtomobilnym transportom*]. *Formation of transport and logistics infrastructure. Cross-border cooperation between Russia and Kazakhstan: materials of the 2<sup>nd</sup> international scientific-practical conference*. Omsk, SibADI publ., 2007, pp. 133–136. EDN: VOAULX.

28. Gudkov, V. A., Bochkareva, M. M., Dulina, N. V., Ovchar, N. A. Quality of passenger transportation: the possibility of research by sociological methods: Study guide [*Kachestvo passazhirskikh perevozok: vozmozhnosti issledovaniya metodami sotsiologii: Ucheb. posobie*]. Volgograd, VolgSTU, 2008, 163 p. ISBN: 978-5-9948-0123-9.

29. Kozlov, I. G., Kutepova, G. N. Improving the quality of transport provision as a method of increasing the competitiveness of a tourist product [*Povyshenie kachestva transportnogo obespecheniya kak metod povysheniya konkurentospособности turistskogo produkta*]. *Transportnoe delo Rossii*, 2013, Iss. 6–2, pp. 92–93. EDN: RYZRGF.

30. Shaginyan, S. G., Radchenko, E. V. Quality of transport services as a condition for economic security of a transport enterprise [*Kachestvo transportnogo obsluzhivaniya kak uslovie ekonomicheskoi bezopasnosti predpriyatiya-perevozchika*]. In: the collection of works «*Economic and legal mechanisms for ensuring national security*». *Proceedings of the All-Russian national scientific and practical conference*. Rostov-on-Don, RSTU publ., 2017, pp. 88–91. EDN: VXDZDR.

31. Trofimenko, Yu. V., Yakimov, M. R. Methodology for assessing the effectiveness of transport demand implementation in an urbanized area [*Metodika otseki effektivnosti realizatsii transportnogo sprosa na urbanizirovannoj territorii*]. *Transport Urala*, 2010, Iss. 3 (26), pp. 34–39. EDN: MVLHWL.

32. Yakunin, N. N., Kotov, V. V., Yakunina, N. V. The influence of carrier readiness on quality of passenger motor transport services [*Vliyanie podgotovlennosti perevozchika na kachestvo uslug passazhirskogo avtomobilnogo transporta*]. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*, 2012, Iss. 6 (28), pp. 54–61. EDN: PJJMB.

33. Bogdaretsky, A. V. Supply and demand in the transport services market [*Spros i predlozhenie na rynke transportnykh uslug*]. *Current issues of modern science*, 2008, Iss. 3, pp. 351–357. EDN: RCCDB.

34. Budrina, E. V., Loginova, N. A. Mechanism for managing the urban passenger transport system [*Mekhanizm upravleniya sistemoi gorodskogo passazhirskogo transporta*]. *Transport Rossiiskoi Federatsii*, 2012, Iss. 3–4 (40–41), pp. 30–33. EDN: PBZHV.

35. Annenkov, A. V. Organization of production and management of a transport company in conditions of competition in the transport market: Monograph [*Organizatsiya proizvodstva i upravlenie transportnoi kompaniei v usloviyakh konkurentstva na transportnom rynke: Monografiya*]. Moscow, RGOTUPS publ., 2003, 245 p. ISBN 5-7473-0140-3.

36. Busygin, A. V. Social responsibility of business as a result of socialization in modern economic conditions [*Sotsialnaya otvetstvennost biznesa kak rezul'tat sotsializatsii v sovremennykh ekonomicheskikh usloviyakh*]. *Bulletin of Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia*, 2014, Iss. 7, pp. 238–241. EDN: SKCPA.

37. Bragin, D. Yu. Management of interaction of tourist and transport enterprises. Abstract of Ph.D. (Economics) thesis [*Upravlenie vzaimodeistviem turistskikh i transportnykh predpriyatiy. Avtoref. dis...kand. ekon. nauk*]. St. Petersburg, St. Petersburg State University of Economics and Finance, 2002, 17 p.

38. Blinov, A. O., Rudakova, O. S. The mechanism of strategic management of organizations in conditions of uncertainty [*Mekhanizm strategicheskogo upravleniya organizatsiyami v usloviyakh neopredelennosti*]. *Economy. Taxes. Law*, 2015, Iss. 3, pp. 82–86. EDN: UCIKZJ.

39. Vladimirov, I. G. Integration processes in development of companies: Monograph [*Integratsionnie protsessy v razvitiu kompanii: Monografiya*]. Moscow, SUM publ., 2007, 200 p. ISBN 978-5-215-01948-1.

40. Makeev, V. A. Integration processes in transport activities: target guidelines and boundary parameters [*Integratsionnie protsessy v transportnoi deyatel'nosti: tselevye orientiry i granichnie parametry*]. In: the collection of works: «*Economic and legal mechanisms for ensuring national security*». *Materials of the All-Russian national scientific and practical conference*. Rostov-on-Don, RSTU publ., 2017, pp. 125–129. EDN: YQTEQU.

41. Sitnikova, L. V. Management of development of an integrated production and economic system based on the methodology of structural integration. Abstract of Ph.D. (Economics) thesis [*Upravlenie razvitiem integrirovannoi proizvodstvenno-ekonomicheskoi sistemy na osnove metodologii strukturnoi integratsii. Avtoref. diss...dokt. ekon. nauk*]. Ufa, UfGATU publ., 2011, 41 p. EDN: QHTCUF.

42. Shchepakin, M. B., Khandamova, E. F. Formation of an integrative multiplicative effect in the marketing communication space [*Formirovaniye integrativnogo moltiplikativnogo effekta v marketingovom kommunikatsionnom prostranstve*]. *Ekonomika i predprinimatelstvo*, 2015, Iss. 6, pp. 894–899. EDN: TQVHUB.

#### Information about the author:

**Kravchenko, Alexey E.**, D.Sc. (Economics), Ph.D. (Eng), Associate Professor, Professor at the Department of Transport Structures named after Professor K. A. Daragan of Kuban State Technological University (KubSTU), Krasnodar, Russia, pupsan2003@mail.ru.

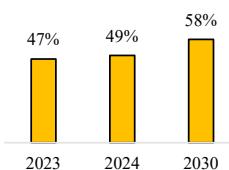
Article received 22.09.2023, approved after reviewing 22.03.2024, accepted 25.03.2024.

**From the editors:** The editors, highlighting the relevance of the topic stated by the author, suppose that issues of building by the initiator of the communication and strategic business system, of the mechanisms of implementation of the proposed concept, of the impact of current regulations and practices and of the need to further update or create appropriate legal and regulatory documents merit more detailed developments during following research. In this regard, the published article and the author's proposals might be a starting point to continue scientific discussion on the subject.



## ROAD TRAFFIC SAFETY 218

*Enhanced data analysis to manage and forecast trends with the help of digital technology.*

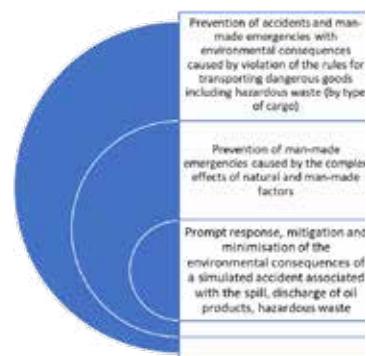


## SAFETY AND SUSTAINABILITY



## ROADS 230

*Environmental violations while building and operating roads: possible risks and their minimisation.*





# Development of an Approach to Analysing Regional Road Traffic Accident Rates



Sergey A. EVTYUKOV



Fazil N. ZEINALOV



Dmitry V. MITROSHIN



Alexander N. NOVIKOV



Anastasia G. SHEVTSOVA

Sergey A. Evtyukov<sup>1</sup>, Fazil Nazim ogly Zeinalov<sup>2</sup>, Dmitry V. Mitroshin<sup>3</sup>, Alexander N. Novikov<sup>4</sup>,  
Anastasia G. Shevtsova<sup>5</sup>

<sup>1</sup>St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia.

<sup>2</sup>Oryol Law Institute of the Ministry of Interior of the Russian Federation named after V. V. Lukyanov, Oryol, Russia.

<sup>3</sup>Scientific Centre for Road Safety of the Ministry of Interior of the Russian Federation, Moscow, Russia.

<sup>4</sup>Oryol State University named after I. S. Turgenev, Oryol, Russia.

<sup>5</sup>Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia.

<sup>1</sup>ORCID 0000-0003-3674-643X; Web of Science Researcher ID: AAC-3088-2019; Scopus Author ID: 56479135100;  
Scopus Author ID: 57201357770; Russian Science Citation Index SPIN-code: 2926-5435.

<sup>4</sup>Web of Science Researcher ID: B-9082-2016; Scopus Author ID: 57077906200; Russian Science Citation Index  
Author ID: 143921.

<sup>5</sup>ORCID 0000-0001-8973-9271; Web of Science Researcher ID: N-2399-2016; Scopus Author ID: 56872710100;  
Russian Science Citation Index SPIN-code: 1326-7713.

✉ 5 shevcova-anastasiya@mail.ru.

## ABSTRACT

The article examines the state of road traffic safety (RTS) in the Russian Federation for the 2012–2022 long-term period. The study has identified the main directions in the considered area, described the results of the on-going Safe High-Quality Roads national project, as well as analysed current federal projects, namely, the target indicators of the Road Traffic Safety federal project and the promising ways to achieve them.

To analyse regional road traffic accident rates, a necessity has been revealed to develop an approach based on a Big Data tool for processing large amounts of primary data. It has been also revealed that the available data presented in publicly available statistical databases do not allow us to fully assess the causes that result in road traffic accidents (RTA). Despite this, considering the available resources, namely the data presented in analytical information systems on the balance sheet of departmental organisations, it is possible to assess the RTA

rate for an entire region, considering rates of RTAs without casualties, which are determined by a significantly larger volume of data. In this case, it is possible to carry out detailed specification of the causes and conditions of accidents, which allows for implementation of an integrated approach in the considered area.

In this regard, the main objective of the study is to develop an approach to analysing RTA rates in a region. The main methods for achieving this objective are mathematical and statistical analysis. Public databases, as well as the resources of a specialised automated information management system (AIMS), were used as research materials. The research has resulted in proposing an intelligent method of data analysis, which will subsequently make it possible to more effectively make decisions to increase road traffic safety, including through implementation of control and supervisory activity of the relevant authorities.

**Keywords:** road traffic safety, primary data analysis, road traffic accident rate, decision making, intelligent method, complex search queries.

---

For citation: Evtyukov, S. A., Zeinalov, F. N., Mitroshin, D. V., Novikov, A. N., Shevtsova, A. G. Development of an Approach to Analysing Regional Road Traffic Accident Rates. World of Transport and Transportation, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 218–229. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-10>.

The original text of the article in Russian is published in the first part of the issue.

Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

## INTRODUCTION

Ensuring road traffic safety (RTS) is one of the conditions for achieving national development goals. To achieve the relevant target indicators, several strategic planning documents have been developed and are being implemented. Thus, the Strategy of Road Traffic Safety in the Russian Federation for 2018–2024<sup>1</sup>, approved by the Order of the Government of the Russian Federation of January 8, 2018, No. 1-r, is the basis for development and implementation of state policy in the field of road traffic safety at the federal, regional, municipal and intersectoral levels. This Strategy includes the results of an analysis of the state of road traffic safety in the Russian Federation, as well as a set of system measures developed on their basis and aimed at increasing road traffic safety and reducing road traffic mortality.

One of the main directions for implementation of the 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<sup>2,3</sup> is to create conditions for improving the quality of life and health of citizens, as well as to implement potential of transport through rapid development of transport infrastructure and enhancement of access to safe and high-quality transport services. In this context, one of the fundamental areas of implementation of this orientation will be ensuring road traffic safety.

Over the previous period, road traffic safety in the entire country has improved, which is confirmed by annually recorded RTA rates, presented, among other things, on electronic resources, i.e., statistical databases<sup>4,5</sup> and in the annual report of the Scientific Centre for Road Traffic Safety of the Ministry of Interior of the

Russian Federation (SC RTS)<sup>6</sup> [1]. There is a decrease in RTA rates in terms of the total number of incidents with deaths and injuries (Pic. 1). Analysing the eleven-year period under consideration – from 2012 to 2022, it can be noted that on average the total number of incidents with deaths and injuries in the country has decreased annually by 4,5 %, the number of deaths – by 6,5 % and the number of injuries – by 5,5 % [2; 3].

The observed positive dynamics of reduction in the indicators' values under consideration (Pic. 1), especially since 2018, is largely due to implementation of a new approach to reducing road mortality – the concept of striving for zero fatality, the ideological basis of which can be deemed to be the Swedish concept of Vision Zero [4–8]. In accordance with this concept, it is necessary to ensure the safety of the road transport system, because a person (driver) as one of the links in the «driver – car – road – environment» (DCRE) system can commit an error. In this case, the components of the system must ensure safety, i.e., to prevent or minimise the severity of the consequences of an error. Considering this concept and a relatively new approach to the issue of road traffic safety, new projects aimed at improving safety of the road transport system have been at the legislative level. The approach is based on the Safe High-Quality Roads national project<sup>7</sup> [9; 10]. The project includes the construction of new and reconstruction of existing roads, bringing them to conditions conform to standards. Within the framework of this national project, federal projects «Regional and local road network», «Road traffic safety», «Development of public transport», «System-wide measures for development of road infrastructure», «Highways of the Ministry of Defence of Russia» and «Development of the federal highway network» are being implemented (Pic. 2).

Achievement of the goals of the Road Traffic Safety federal project is assessed by the main indicators «satisfaction with road traffic safety»

<sup>1</sup> Order of the Government of the Russian Federation dated January 8, 2018, N 1-r «On approval of the Strategy of Road Traffic Safety in the Russian Federation for 2018–2024».

<sup>2</sup> Transport strategy of the Russian Federation for the period 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.

<sup>3</sup> Sokolov, M. Transport strategy of Russia for the period until 2030. *Transportanya strategia – XXI vek*, 2013, Iss. 22, pp. 7–9 EDN: VEEFDR.

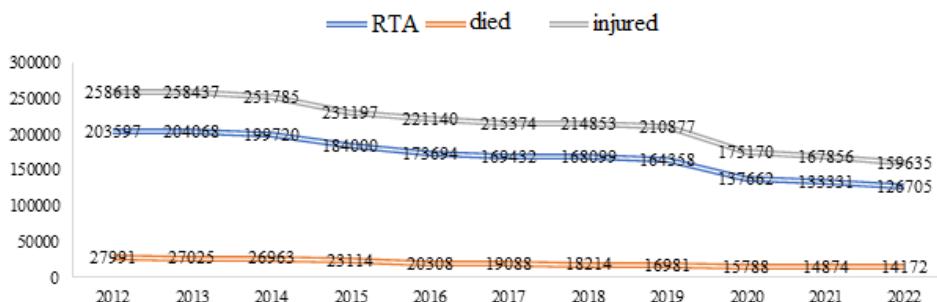
<sup>4</sup> Road traffic safety indicators [Electronic resource]: <http://stat.gibdd.ru/>. Last accessed 05.09.2023.

<sup>5</sup> Federal State Statistics Service [Electronic resource]: <https://rosstat.gov.ru/>. Last accessed 05.09.2023.

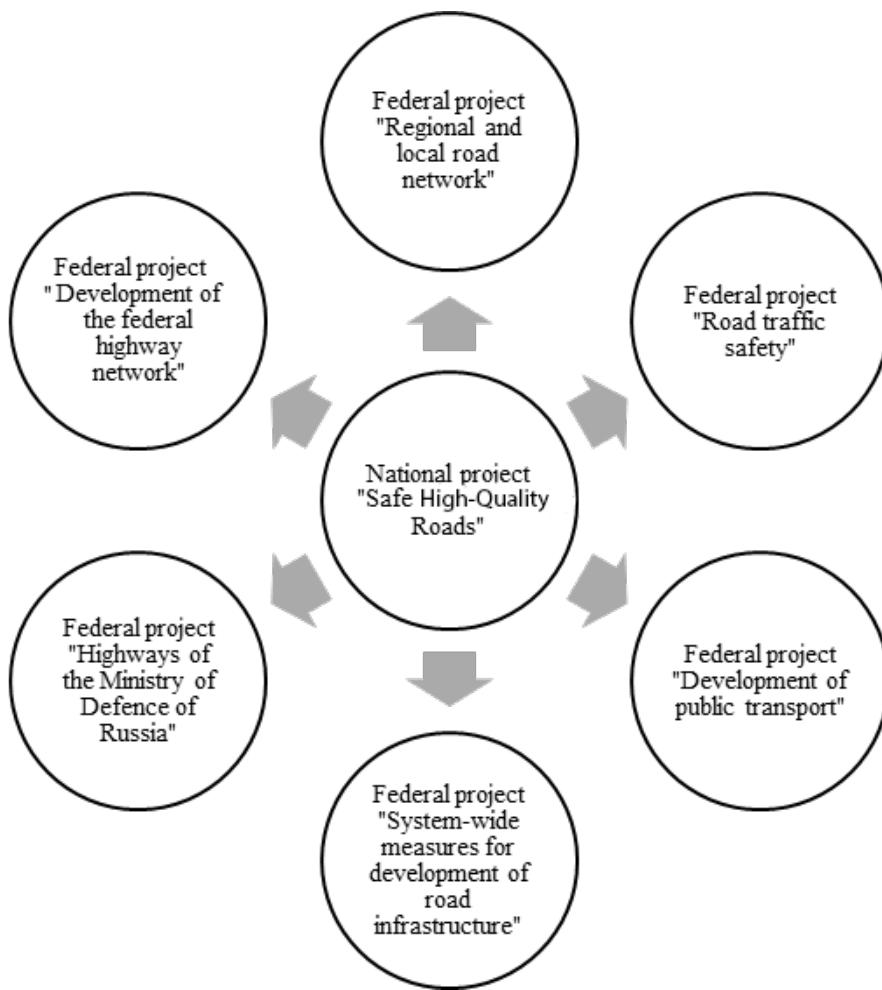
<sup>6</sup> Road traffic accident rate in the Russian Federation 2022. Information and analytical review report. Moscow, Federal budget enterprise «NC Road Traffic Safety Centre of the Ministry of Interior of Russia», 2023, 150 p. [Electronic resource]: <https://media.mvd.ru/files/embed/5055549>. Last accessed 10.08.2023.

<sup>7</sup> 16,5 thou km of Roads were Repaired in 2021 in Russia within the Framework of National Safe High-Quality Roads Project. *World of Transport and Transportation*, 2022, Vol. 20, Iss. 1 (98), P. 66.





Pic. 1. Main indicators of RTA rate in the Russian Federation for the period 2012–2022 [prepared by the authors based on an analysis of sources 4, 5, 6].



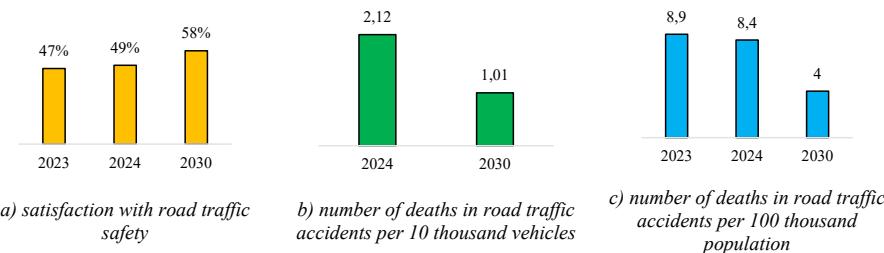
Pic. 2. Structural diagram of the main components of the Safe Quality Roads national project [prepared by the authors based on the analysis of source]<sup>8</sup>.

and «number of deaths in road traffic accidents per 10 thousand vehicles», as well as by an additional indicator «number of deaths in road traffic accidents per 100 thousand population» (Pic. 3 a-c)<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Website of Safe Quality Roads national project [Electronic resource]: <https://bkdrf.ru/about/SafetyRoads>.

## PROBLEM STATEMENT, OBJECTIVE, METHODS AND MATERIALS

To achieve the target values of indicators, it is first necessary to assess the situation in three main directions – «as it was», «at the moment» and in the «future», using different periods and parameters for assessment. An accurate



*Pic. 3. Indicators of the Road Traffic Safety federal project [prepared by the authors based on analysis of source <sup>8</sup>].*

assessment allows forecasting changes in the situation and determining the main implementation directions to change the situation. Considering the available information analysis tool which is Big Data, it was necessary to develop an approach to the analysis of road traffic accident indicators, including those not presented in official sources, which determined the main *objective* of the conducted study.

When working with accident rates, to perform analytical procedures, a specialist directly involved in the scientific specifics of the activity has to work with official sources – statistical databases containing data on the number of road traffic accidents with fatalities and injuries. It should be noted that in official sources the information is structured, which allows sampling according to various indicators. In conformity with the DCRE system [11–13] which is laid into foundation of scientific research in the field of road traffic safety, the presented data can be attributed to the description of one of the elements or their connections. Working in the database is carried out by specifying simple search queries that allow us to analyse one indicator. For example, considering such an element of the DCRE system as «driver», it is possible to consider in detail the components of such an indicator as «Road traffic accidents and victims due to violation of traffic rules by vehicle drivers», which includes 16 subcategories or classifications of the indicator under consideration. It should be noted that some classifications include several components, which creates a complex hierarchical structure, presented as an example for the indicator in question (Pic. 4).

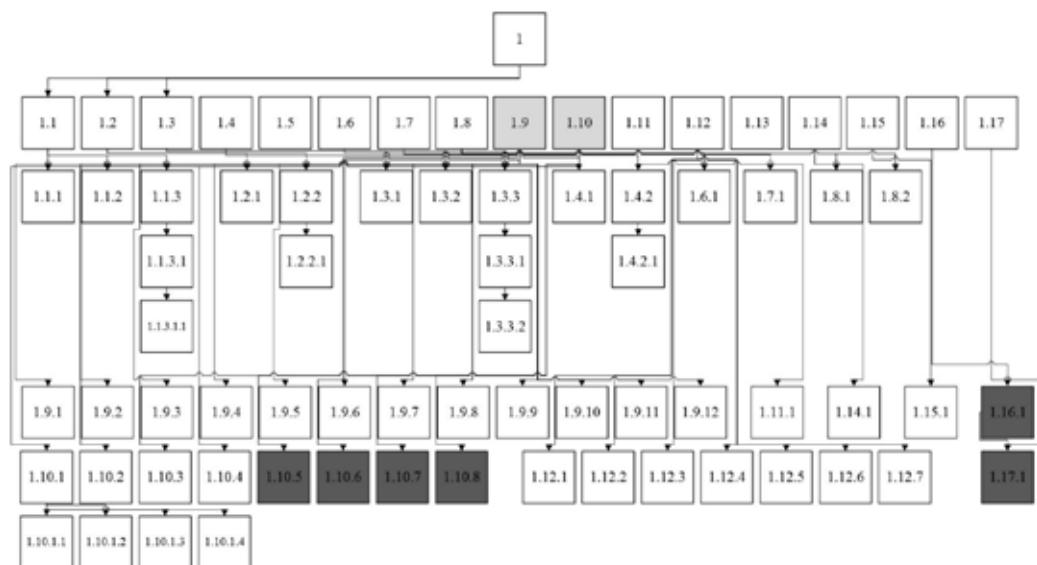
In the presented structure (Pic. 4), subsections that are not actually represented in the official database have a light gray fill, since it is impossible to set a search query for them, but for constructing the diagram they were included as

a mandatory element that allows carry out classification. Blocks that were not presented in official sources before 01.01.2022 are filled in a dark gray shade but have been introduced since the mentioned date. It should be noted that for these indicators it is impossible to establish values before the specified date, due to the fact that they were previously not taken into account.

Analysis of the chart presented as a structure (Pic. 4) shows that when using the analytical research *method* and possible types of such a method – statistics, forecasting, data mining, optimisation, etc., it is possible to use only the first method – statistics. In this case, it is possible to implement only one direction, this is assessment of changes in dynamics, but considering the determined target indicators when working with road traffic accident data, it is necessary to develop a new approach to analysis and, accordingly, special tools that will allow implementation of intelligent data analysis and subsequently more effective decision-making to improve road traffic safety, including through implementation of control and supervisory activity of the relevant authorities. Thus, at this stage, the *analytical research method* was identified as suitable.

The main materials used are statistical databases. Following the analysis of available tools for development of the databases under consideration, special attention was paid to the process of primary processing of data carried out at the scene of RTA. It should be noted that today the process of entering basic information necessary for subsequent work is carried out in the automated information management system of the State Road Traffic Safety Inspectorate (AIMS SRTSI) [14–16]. The forms of the system are conventionally divided into two groups – necessary and sufficient ones. As part of the study, special attention was paid to data that includes the necessary information for





**Pic. 4. Chart of the components of the indicator «Road traffic accidents and victims due to violation of traffic rules by vehicle drivers» [performed by the authors]:**

1 – road traffic accidents and victims due to violation of traffic rules by vehicle drivers – total; 1.1 – by drivers of passenger cars; 1.1.1 – drivers were intoxicated; 1.1.2 – carriers have a license for transportation activities; 1.1.3 – vehicles are owned by individuals; 1.1.3.1 – drivers were intoxicated; 1.1.3.1.1 – carriers have a license for transportation activities; 1.2 – by truck drivers; 1.2.1 – drivers were intoxicated; 1.2.2 – vehicles are owned by individuals; 1.2.2.1 – drivers were intoxicated; 1.3 – by bus drivers; 1.3.1 – drivers were intoxicated; 1.3.2 – carriers have a license for transportation activities; 1.3.3 – vehicles are owned by individuals; 1.3.3.1 – drivers were intoxicated; 1.3.3.2 – carriers have a license for transportation activities; 1.4 – by motorcycle drivers; 1.4.1 – drivers were intoxicated; 1.4.2 – vehicles are owned by individuals; 1.4.2.1 – drivers were intoxicated; 1.5 – by drivers of mopeds and equivalent vehicles; 1.6 – by tram drivers; 1.6.1 – drivers were intoxicated; 1.7 – trolleybus drivers; 1.7.1 – drivers were intoxicated; 1.8 – by drivers of tractors and other self-propelled machinery; 1.8.1 – drivers were intoxicated; 1.8.2 – vehicles are owned by individuals; 1.9 – age of drivers; 1.9.1 – drivers whose age is from 0 to 10 years; 1.9.2 – drivers whose age is from 10 to 14 years; 1.9.3 – drivers whose age is from 14 to 16 years; 1.9.4 – drivers whose age is from 16 to 18 years; 1.9.5 – drivers whose age is from 18 to 21 years; 1.9.6 – drivers whose age is from 21 to 25 years; 1.9.7 – drivers whose age is from 25 to 30 years; 1.9.8 – drivers whose age is from 30 to 40 years; 1.9.9 – drivers whose age is from 40 to 50 years; 1.9.10 – drivers whose age is from 50 to 60 years; 1.9.11 – drivers whose age is from 60 to 70 years; 1.9.12 – drivers whose age is over 70 years; 1.10 – experience; 1.10.1 – with driving experience of up to 2 years; 1.10.1.1 – in a state of intoxication; 1.10.1.2 – those who refused to undergo a medical examination; 1.10.1.3 – by male drivers; 1.10.1.4 – by female drivers; 1.10.2 – with driving experience from 2 to 5 years; 1.10.3 – with driving experience from 5 to 10 years; 1.10.4 – with driving experience from 10 to 15 years; 1.10.5 – with driving experience from 15 to 20 years; 1.10.6 – with driving experience from 20 to 25 years; 1.10.7 – with driving experience from 25 to 30 years; 1.10.8 – with driving experience of over 30 years; 1.11 – by drivers who are citizens of foreign countries; 1.11.1 – by drivers who are citizens of CIS countries; 1.12 – drivers were intoxicated; 1.12.1 – road traffic accidents that occurred on Mondays; 1.12.2 – road traffic accidents that occurred on Tuesdays; 1.12.3 – road traffic accidents that occurred on Wednesdays; 1.12.4 – road traffic accidents that occurred on Thursdays; 1.12.5 – road traffic accidents that occurred on Fridays; 1.12.6 – road traffic accidents that occurred on Saturdays; 1.12.7 – road traffic accidents that occurred on Sundays; 1.13 – drivers refused to undergo a medical examination; 1.14 – vehicles of individuals; 1.14.1 – drivers were intoxicated; 1.15 – vehicles of legal entities; 1.15.1 – drivers were intoxicated; 1.16 – by male drivers; 1.16.1 – drivers were intoxicated; 1.17 – by female drivers; 1.17.1 – the drivers were intoxicated.

generating RTA report forms. One of the main positive aspects of working in this system is availability of more complete information about the RTA, the ability to set complex search queries, as well as availability of information on the number of accidents without injuries. According to the working hypothesis of the study, which assumes that to make a decision on reducing the number of accidents in a region, it is necessary, together with RTA rates with casualties, to assess RTA rates without casualties, this information is important and necessary for the analysis of RTA rates and, accordingly, as well as it a specific tool for developing decision-

making actions. Thus, the main materials used in this study were statistical databases and AIMS SRTSI.

## RESULTS

To develop an approach to assessing RTA rates in accordance with the sections of AIMS SRTSI, complex search queries were formulated (Table 1) that allow to obtain data on the number of RTAs with and without injuries and based on which to further perform an analysis and compare the results obtained. It should be noted that the structure of the system includes seven main sections:

**Table 1****Formulated complex search queries [prepared by the authors]**

Query name		General formulation of a search query
«Query 1»		
Number of RTA in IL	with victims	number of RTA in IL with victims
Number of RTA in IL	without victims	number of RTA in IL without victims
«Query 2»		
Number of RTA OL	with victims	number of RTA OL with victims
Number of RTA OL	without victims	number of RTA OL without victims
«Query 3»		
Number of RTA in IL – section of the road	with victims	number of RTA on the section of road in IL with victims
Number of RTA in IL – section of the road	without victims	number of RTA on the section of road in IL without victims
«Query 4»		
Number of RTA in IL–CPC	with victims	number of RTA at CPC in IL with victims
Number of RTA in IL–CPC	without victims	number of RTA at CPC in IL without victims
«Query 5»		
Number of RTA in IL–UPC	with victims	number of RTA at UPC in IL with victims
Number of RTA in IL–UPC	without victims	number of RTA at UPC in IL without victims
«Query 6»		
Number of RTA in IL–CI	with victims	number of RTA at CI in IL with victims
Number of RTA in IL–CI	without victims	number of RTA at CI in IL without victims
«Query 7»		
Number of RTA in IL–UCI	with victims	number of RTA at UCI in IL with victims
Number of RTA in IL–UCI	without victims	number of RTA at UCI in IL without victims
«Query 8»		
Number of RTA in IL–UCPR	with victims	number of RTA at UCPR in IL with victims
Number of RTA in IL–UCPR	without victims	number of RTA at UCPR in IL without victims
«Query 9»		
Number of RTA in IL–UIR	with victims	number of RTA at UIR in IL with victims
Number of RTA in IL–UIR	without victims	number of RTA at UIR in IL without victims

Notes: RTA – road traffic accident; IL – inhabited localities; OL – outside inhabited localities; section of the road – the section where traffic intensity and number of vehicles do not change more than by 15 % each; CPC – controlled pedestrian crossing (pedestrian light controlled crossing); UPC – uncontrolled pedestrian crossing; CI – controlled intersection (traffic light controlled intersection); UCI – uncontrolled intersection (intersection of equivalent roads, i.e. of roads where no road is a priority road); UCPR – uncontrolled intersection of roads where there is a priority road; UIR – uncontrolled intersection with a roundabout.

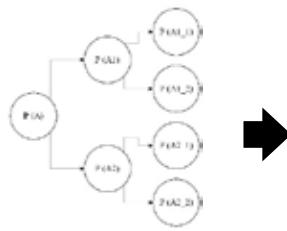
1. General information.
2. Street-and-road network and RTA sketch.
3. Road conditions.
4. Actions at the scene of RTA.
5. Information about the vehicles involved in RTA.
6. Information about participants in RTA.
7. Additional information.

Each of the presented sections includes a sufficient list of parameters that allows, for the period under review, to carry out a primary

analysis of the causes and conditions for occurrence of RTA in a region. Of course, the occurrence of RTA is influenced by many factors, which requires an in-depth analysis, but within the framework of this study it is proposed to develop a mechanism for initial assessment of existing indicators to carry out further analysis of the identified dominant search request, for example, according to the «street-and-road network object» indicator.

Despite the fairly wide range of information presented in publicly available information





*Pic. 5. Illustration of the components of overall statistical probability [prepared by the authors].*

resources, the main disadvantages of their use include the lack of detailed data, for example, classification by «street-and-road network objects» and the lack of data on the number of road traffic accidents without casualties regarding all the indicators. It is also worth noting a feature of AIMS SRTSI, i.e., the inaccessibility of the system for users not belonging to departmental structures, for example, researchers in the field of road traffic safety. However, despite the existing number of problems, based on the official request, quantitative data were obtained on the formulated requests (Table 1), which made it possible to analyse the data received.

The first priority for developing the approach is the transition to relative indicators – probabilistic values of occurrence of an event. It should be noted that work in the probabilistic field makes it possible to assess the most significant values that have the greatest «weight» regarding the statistical probability of occurrence of events, which makes it possible to plan basic measures to reduce RTA rates for a specific constituent entity of the Russian Federation.

As an example, this study examines RTA rates for Belgorod region for the period 2016–2022, obtained based on setting formulated search queries (Table 1) in AIMS SRTSI system. At the initial stage, to move into the area of probabilistic values, the work was carried out according to «query 1» and «query 2», where it was accepted that  $P(A)$  is the overall statistical probability of an RTA, determined using the formula:

$$P(A) = P(A1) + P(A2), \quad (1)$$

where  $P(A)$  is overall statistical probability of occurrence of an event (RTA);

$P(A1)$  – statistical probability of occurrence of a RTA in an inhabited locality;

$P(A2)$  – statistical probability of RTA outside inhabited locality.

$$P(A1) = P(A1_1) + P(A1_2), \quad (2)$$

**Obtained probability values [developed by the authors]**

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
$P(A)$	1	1	1	1	1	1	1
$P(A1)$	0,97	0,97	0,95	0,97	0,97	0,96	0,95
$P(A2)$	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,04	0,05
$P(A1_1)$	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,07	0,06
$P(A1_2)$	0,92	0,91	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
$P(A2_1)$	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
$P(A2_2)$	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	0,03

where  $P(A1)$  – statistical probability of a RTA in an inhabited locality;

$P(A1_1)$  – statistical probability of RTA with victims in an inhabited locality;

$P(A1_2)$  – statistical probability of RTA without victims in an inhabited locality.

$$P(A2) = P(A2_1) + P(A2_2), \quad (3)$$

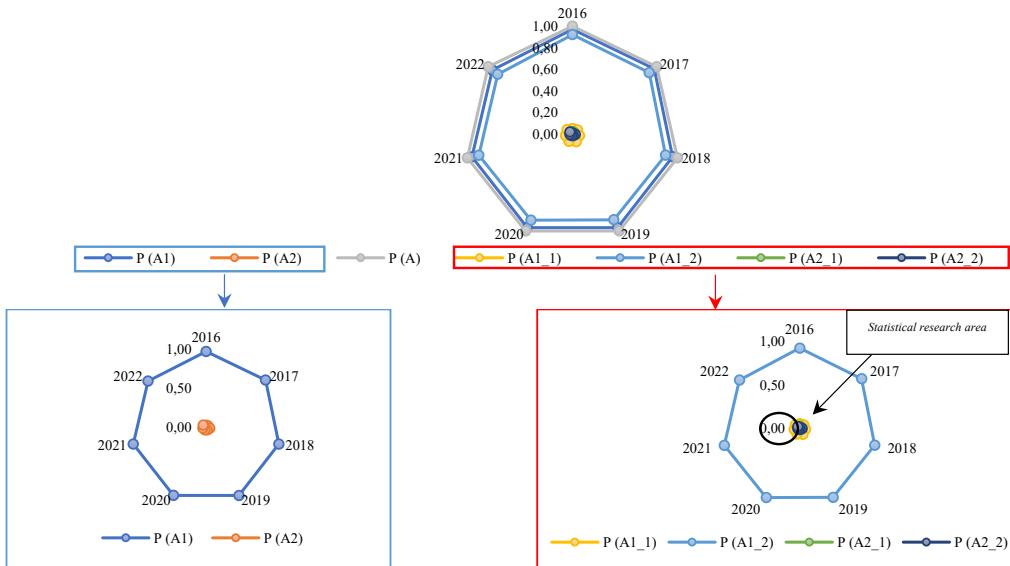
where  $P(A2)$  – statistical probability of RTA outside inhabited locality;

$P(A2_1)$  – statistical probability of RTA with victims outside inhabited locality;

$P(A2_2)$  – statistical probability of RTA without victims outside inhabited locality.

Graphically, the relationship between the indicators has the form shown in Pic. 5. As a result of the calculation, data on the established probabilities were obtained, which are clearly presented in Table 2.

The results obtained make it possible to present the data in a conditional probability field, which clearly reflects that most events occur in inhabited localities. When compared with absolute indicators' values, it is worth noting that, despite the decrease in overall quantitative values of indicators, the situation in the region under consideration for the period under review remains unchanged (Pic. 6). Further analysis shows that the largest number of RTA in inhabited localities, which varies from 0,89 to 0,92, occurs without victims, while the statistical probability of RTA with victims varies from 0,05 to 0,08. Conventionally, during the period under review in Belgorod region, of the total number of accidents occurring annually, an average of approximately 7 % of RTA causes fatalities or injuries. According to regulations and the concept of «zero vision», in the long term, especially such events are given special attention, since because of them harm was caused to human health or life. However, considering the results obtained, constant monitoring of changes in



Pic. 6. General view of the area of probability of occurrence of events [developed by the authors].

data characterising the number of RTA without victims is also required.

The data provided in Pic. 6 shows that in the entire region, the situation with statistical distribution of accidents remains unchanged. Due to the focus of the road safety policy on reducing the number of fatalities, special attention in this study is paid to such components of the probability area as  $P(A1_1)$  and  $P(A2_1)$ , which are highlighted in the black segment.

To analyse an established strategically important segment, it is proposed to take the  $P(A1)$  indicator as a general indicator of the statistical probability of occurrence of events, equating it to the new  $P(B)$  indicator, which allows us to move into a new probabilistic area:  $P(A1) = P(B)$ . (4)

In this case, special attention will be paid to all the accidents that occurred in inhabited localities, considering quantitative values of RTA indicators with and without victims. To continue further research, search queries 3–9 (Table 1) were considered, making it possible to identify the street-and-road network objects most susceptible to RTA across the region under consideration. In this case, the general mathematical form for determining the probability of occurrence of events in inhabited localities has the form:

$$P(B) = P(B1) + P(B2) + P(B3) + P(B4) + P(B5) + P(B6) + P(B7) + P(B8), \quad (5)$$

where  $P(B)$  – statistical probability of occurrence of RTA in an inhabited locality;

$P(B1)$  – statistical probability of occurrence of RTA on the section of the road;

$P(B2)$  – statistical probability of occurrence of RTA at a controlled pedestrian crossing;

$P(B3)$  – statistical probability of occurrence of RTA at an uncontrolled pedestrian crossing;

$P(B4)$  – statistical probability of occurrence of RTA at a controlled intersection;

$P(B5)$  – statistical probability of occurrence of RTA at an uncontrolled intersection of roads without priority road;

$P(B6)$  – statistical probability of occurrence of RTA at an uncontrolled intersection of roads with a priority road;

$P(B7)$  – statistical probability of occurrence of RTA at an uncontrolled intersection with a roundabout;

$P(B8)$  – statistical probability of occurrence of RTA at other street-and-road network objects.

$$P(B1) = P(B1_1) + P(B1_2), \quad (6)$$

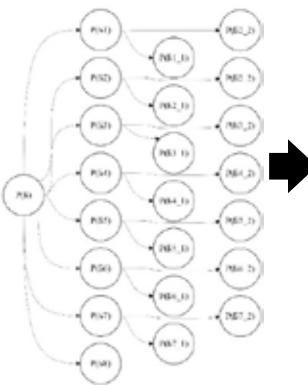
where  $P(B1_1)$  – statistical probability of occurrence RTA with victims on the section of the road in an inhabited locality;

$P(B1_2)$  – statistical probability of RTA without victims on the section of the road in an inhabited locality.

$$P(B2) = P(B2_1) + P(B2_2), \quad (7)$$

where  $P(B2_1)$  – statistical probability of occurrence of RTA with victims at a controlled pedestrian crossing in an inhabited locality;





**Pic. 7. Image of the components of the probability of RTA in populated areas  $P(B)$  for certain street-road network objects. [developed by the authors].**

**Table 3**  
**Obtained probability values for  $P(B)$   
[developed by the authors]**

Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
$P(B)$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$P(B1)$	0,111	0,085	0,080	0,088	0,118	0,121	0,117
$P(B1\_1)$	0,007	0,008	0,013	0,013	0,016	0,012	0,014
$P(B1\_2)$	0,104	0,077	0,068	0,075	0,102	0,109	0,104
$P(B2)$	0,007	0,007	0,006	0,010	0,013	0,015	0,014
$P(B2\_1)$	0,004	0,003	0,003	0,004	0,004	0,003	0,005
$P(B2\_2)$	0,003	0,004	0,003	0,005	0,009	0,011	0,010
$P(B3)$	0,026	0,025	0,025	0,025	0,032	0,031	0,023
$P(B3\_1)$	0,009	0,012	0,012	0,013	0,014	0,013	0,013
$P(B3\_2)$	0,016	0,013	0,013	0,012	0,018	0,018	0,011
$P(B4)$	0,050	0,059	0,059	0,066	0,076	0,073	0,066
$P(B4\_1)$	0,006	0,006	0,007	0,010	0,010	0,007	0,008
$P(B4\_2)$	0,044	0,053	0,052	0,055	0,066	0,066	0,059
$P(B5)$	0,010	0,010	0,008	0,011	0,016	0,012	0,013
$P(B5\_1)$	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003	0,001	0,001
$P(B5\_2)$	0,009	0,009	0,007	0,009	0,013	0,011	0,011
$P(B6)$	0,070	0,076	0,073	0,102	0,121	0,118	0,103
$P(B6\_1)$	0,008	0,010	0,012	0,019	0,017	0,018	0,015
$P(B6\_2)$	0,062	0,066	0,061	0,083	0,103	0,100	0,088
$P(B7)$	0,008	0,014	0,015	0,018	0,014	0,014	0,009
$P(B7\_1)$	0,001	0,001	0,000	0,002	0,002	0,001	0,001
$P(B7\_2)$	0,007	0,013	0,015	0,016	0,012	0,013	0,008

$P(B2\_2)$  – statistical probability of occurrence of RTA without victims at a controlled pedestrian crossing in an inhabited locality.

$$P(B3) = P(B3\_1) + P(B3\_2), \quad (8)$$

where  $P(B3\_1)$  – statistical probability of occurrence of RTA with victims at an uncontrolled pedestrian crossing in an inhabited locality;

$P(B3\_2)$  – statistical probability of occurrence of RTA without victims at an uncontrolled pedestrian crossing in an inhabited locality.

$$P(B4) = P(B4\_1) + P(B4\_2), \quad (9)$$

where  $P(B4\_1)$  – statistical probability of occurrence of RTA with victims at a controlled intersection in an inhabited locality;

$P(B4\_2)$  – statistical probability of occurrence of RTA without victims at a controlled intersection in an inhabited locality.

$$P(B5) = P(B5\_1) + P(B5\_2), \quad (10)$$

where  $P(B5\_1)$  – statistical probability of occurrence of RTA with victims at an uncontrolled intersection of equivalent roads

(of roads where no road is a priority road) in an inhabited locality;

$P(B5\_2)$  – statistical probability of occurrence of RTA without victims at an uncontrolled intersection of equivalent roads in an inhabited locality.

$$P(B6) = P(B6\_1) + P(B6\_2), \quad (11)$$

where  $P(B6\_1)$  – statistical probability of occurrence of RTA with victims at uncontrolled intersection of roads when there is a priority road in an inhabited locality;

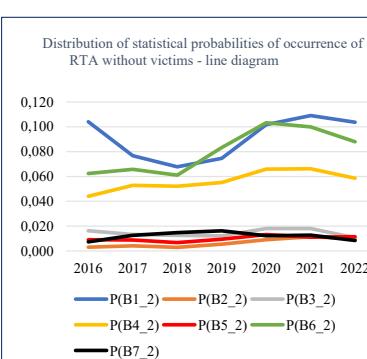
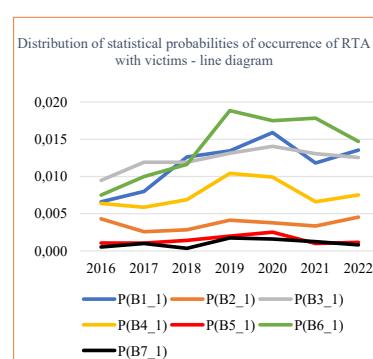
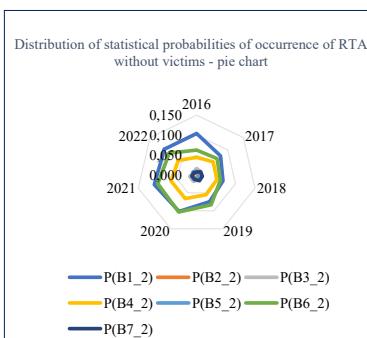
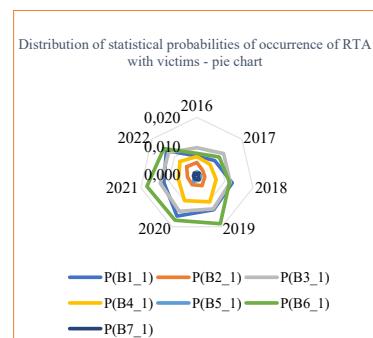
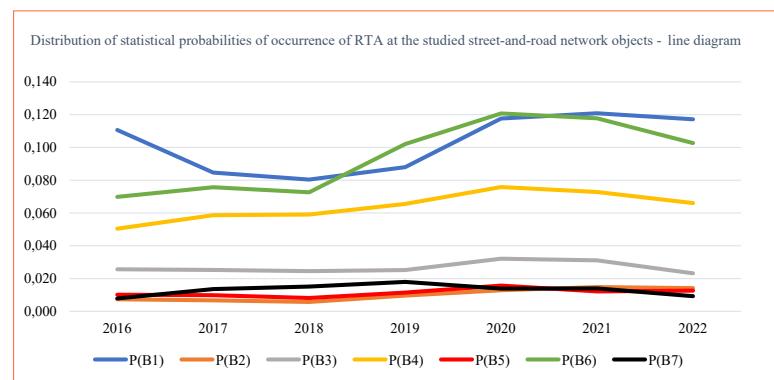
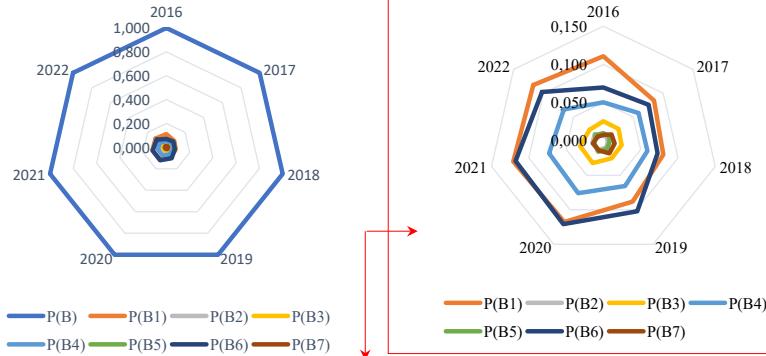
$P(B6\_2)$  – statistical probability of RTA without victims at uncontrolled intersection of roads when there is a priority road in an inhabited locality.

$$P(B7) = P(B7\_1) + P(B7\_2), \quad (12)$$

where  $P(B7\_1)$  – statistical probability of occurrence of RTA with victims at uncontrolled intersection with a roundabout in an inhabited locality;

$P(B7\_2)$  – statistical probability of occurrence of RTA without victims at an uncontrolled

General view of the probabilistic area of occurrence of RTA in IL at the studied street-and-road network



Pic. 8. Diagrams of the components of the probabilistic area of road traffic accidents in inhabited localities at the studied street-and-road network objects [developed by the authors].

intersection with a roundabout in an inhabited locality.

$$P(B8) = P(B8\_1) + P(B8\_2), \quad (13)$$

where  $P(B8\_1)$  – statistical probability of occurrence of RTA with victims at other street-and-road network objects in an inhabited locality;

$P(B8\_2)$  – statistical probability of occurrence of RTA without victims at other street-and-road network objects in an inhabited locality.

It should be noted that the interface of AIMS SRTSI software makes it possible to subdivide street-and-road network objects into 29 types, for example, overpass, gas station, courtyard area, etc. As part of this study, a detailed analysis was performed regarding the main objects presented in the table of search queries (Table 1), the rest in this case are classified as other objects. In the future, the general structure will be expanded and similarly analysed in detail.

As a result of the calculation, the values of the statistical probabilities of occurrence of RTA were determined, provided in Table. 3. The relationship between the components of the probability of occurrence of RTA in inhabited localities  $P(B)$  for certain street-and-road network objects is shown in Pic. 7.

In this case, as part of the analysis (Pic. 7, Table 3), a new probability area  $P(B)$  was considered, which was a full-fledged working field with a probability value equal to 1. The general view of the results obtained is shown in Pic. 8.

The analysis of the presented data allows us to determine that in the region under consideration over a long period (2016–2022), the most accident-prone areas in terms of the total number of incidents are sections of roads ( $P(B1)$ ), controlled intersections ( $P(B4)$ ) and uncontrolled intersections of equivalent roads ( $P(B6)$ ). Despite the general decrease in the number of RTA with victims, which is reflected in the official statistical database, the RTA rate at these facilities remains at a high level in comparison with other street-and-road network objects. According to the results of the analysis of the number of RTA with fatalities and injuries, the most accident-prone areas also remain sections of roads ( $P(B1)$ ), controlled intersections ( $P(B4)$ ), uncontrolled intersections of equivalent roads ( $P(B6)$ ), but here a high RTA rate is also observed at uncontrolled pedestrian crossings ( $P(B3)$ ). One of the positive aspects of the transition to the probabilistic area is assessment of the general dynamics of changes in the RTA

rate of the objects under study, which shows that the proportion of RTA characteristic of some of the studied street-and-road network objects varies in a relatively narrow range, for example, for controlled pedestrian crossings ( $P(B2)$ ), uncontrolled intersections of equivalent roads ( $P(B5)$ ) and uncontrolled intersections with roundabouts ( $P(B7)$ ).

## CONCLUSION

The analysis resulted in presenting the basis of the developed approach to assessing accident rates using an expanded range of data, allowing one to take into account the indicators of accidents without victims. Considering the course actively implemented in all constituent entities of the Russian Federation without exception and the focus on the concept of «zero mortality», this allows considering parameters of indicators referring to reduction in the total number of RTA. In this regard, the developed approach with subsequent detailing of all indicators presented in a publicly accessible statistical database and data reflected in AIMS SRTSI, by specifying complex search queries and converting absolute indicators into relative ones using probabilistic models, will allow us to determine the weight of data in the overall system and establish a list of recommended measures to reduce RTA for a region under study.

In turn, subsequent automation of the presented analysis allows us to optimise the procedures of processing values of RTA indicators, considering the addition to the analytical model of factors that influence changes in the indicators under consideration, such as:

- level of motorisation in a region;
- length of paved roads in a region;
- provision of a region with intelligent transport systems, considering the level of technological maturity;
- socio-economic situation of a region and inflation rate;
- population size of a region and its migration activity and mobility;
- demographic indicators, etc.

Analysis of these indicators in conjunction with road traffic safety indicators will make it possible to predict achievement of targets set out in national projects and strategic planning documents, as well as to assess the degree of influence of certain factors during development of public policy in relevant areas. When forecasting changes in the situation in an entire

region, long-term planning can be used for implementation of main development directions and application of measures aimed at the effective use of existing resources and formation of specialised requests addressed to the federal level to receive new elements, for example, executive elements of ITS, software and hardware systems, at the performance of certain types of activity contributing to the improvement of road traffic safety and at the implementation of other activities which together will become the basis for digital transformation.

## REFERENCES

1. Mayorov, V. I. Implementation of the national project «Safe and High-Quality Highways» and the federal project «Road Safety»: achievements, problems, prospects [*Realizatsiya natsionalnogo proekta «Bezopasnie i kachestvennie avtomobilnogo dorogi» i federalnogo proekta «Bezopasnost dorozhnogo dvizheniya»: dostizheniya, perspektivy*]. *Road Safety*, 2023, Iss. 1 (28), pp. 12–15. EDN: SLCBEO.
2. Ishkov, A. M., Ivanova, A. E., Boyarshinov, A. L., Filippova N. A. Road Safety in the Arctic Zone of the Russian Federation. *World of Transport and Transportation*, 2022, Vol. 20, Iss. 5 (102), pp. 66–75. EDN: DTJCQH. DOI: 10.30932/1992-3252-2022-20-5-8.
3. Batishcheva, O. M., Ganichev, A. I., Starikova, A. G. Factors influencing road safety in large cities [*Faktory, vliyayushchie na obespechenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v krupnykh gorodakh*]. *Vestnik transporta Povolziya*, 2023, Iss. 2 (98), pp. 110–115. EDN: DUXWGV.
4. Shevtsova, A. G. Mathematical analysis of certain road safety indicators in the Russian Federation. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*, 2021, Vol. 18, Iss. 6 (82), pp. 700–711. EDN: LKBLPZ. DOI: 10.26518/2071-7296-2021-18-6-700-711.
5. Shevtsova, A. G. Dynamics of implementation of the Vision Zero program in the world countries. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*, 2021, Iss. 3 (74), pp. 35–42. EDN: LYTEUC. DOI: 10.33979/2073-7432-2021-74-3-35-42.
6. Zeynalov, F. N. On applicability of the Swedish program for increasing road safety «Vision Zero» to Russian reality [*O primenimosti shvedskoi programmy povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya «Vision Zero» k Rossii soi deistvitelnosti*]. *Scientific Bulletin of Oryol Law Institute named after V. V. Lukyanov of the Ministry of Interior of Russia*, 2020, Iss. 1 (82), pp. 92–98. EDN: BPCQKK.
7. Kim, E., Muennig, P., Rosen, Z. Vision zero: a toolkit for road safety in the modern era. *Injury Epidemiology*, 2017, Vol. 4, Iss. 1, pp. 1–9. DOI: 10.1186/s40621-016-0098-z.
8. Belin, M.-A., Vedung, E., Tillgren, P. Vision Zero – a road safety policy innovation. *International journal of injury control and safety promotion*, 2012, Vol. 19, Iss. 2, pp. 171–179. DOI: 10.1080/17457300.2011.635213.
9. Voroshilov, N. V. Trends, problems, and prospects for implementing the Russian national project «Safe high-quality roads». *Voprosy territorialnogo razvitiya*, 2022, Vol. 10, Iss. 2. EDN: LUYEOP. DOI: 10.15838/tdi.2022.2.62.3.
10. Novikov, A. A., Savinova, A. V., Kazymov, S. R. Safe and high-quality roads [*Bezopasnie i kachestvennie avtomobilnije dorogi*]. *Sila sistem*, 2020, Iss. 3 (16), pp. 15–21. EDN: VCBVZQ.
11. Trofimenko, Yu. V., Grigorieva, T. Yu., Shashina E. V. Methodology for substantiating measures to reduce accidents in the «driver – car – road – environment» system [*Metodika obosnovaniya mer po snizheniyu avariij v sisteme «voditel – avtomobil – doroga – sreda»*]. *Bezopasnost v tekhnosfere*, 2012, Vol. 1, Iss. 3, pp. 30–37. EDN: OYKJHF.
12. Salmi, V. V., Nelyutskova, E. A. Heuristic method for assessing the state of the «driver – car – road – environment» system [*Evristichekiy metod otsenki sostoyaniya sistemy «voditel – avtomobil – doroga – sreda»*]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*, 2012, Iss. 1 (36), pp. 111–115. EDN: PUNLIR.
13. Voevodin, E. S., Fomin, E. V., Pulinanova, K. V., Askhabov, A. M., Kashura, A. S., Golub, N. V. Determining optimum parameters of «driver – vehicle – road – environment» system elements. *Proceedings of Irkutsk State Technical University*, 2018, Vol. 22, Iss. 5 (136), pp. 240–250. EDN: XPSDUT. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-5-240-250.
14. Khairullin, R. R. Issues of recording road traffic accidents in automated systems of State Road Traffic Safety Inspectorate units [*Voprosy ucheta dorozhno-transportnykh proisshishchestv v avtomatizirovannykh sistemakh podrazdelenii Gosavtoinspeksii*]. *Vestnik NCBZhD*, 2017, Iss. 3 (33), pp. 140–145. EDN: ZIVYDD.
15. Portashnikov, O. M., Kuznetsov, V. V., Gorbatenko D. S. State accounting of road safety indicators in the State Road Traffic Safety Inspectorate of Moscow region: status, problems, look into the future [*Gosudarstvenniy uchet pokazatelei bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v GIBDD Moskovskoi oblasti: sostoyanie, problemy, vzglyad v budushcheye*]. *Bulletin of Moscow University of the Ministry of Interior of Russia*, 2017, Iss. 6, pp. 222–224. EDN: XSVGEP.
16. Turutina, E. E. Application of information systems in the field of road traffic safety [*Primenenie informatsionnykh sistem v sfere obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya*]. *Vestnik NCBZhD*, 2018, Iss. 3 (37), pp. 106–113. EDN: UXAQFV.

### Information about the authors:

**Evtukov, Sergey A.**, D.Sc. (Eng), Professor, Director of the Institute for Road Traffic Safety of St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia, s.a.evt@mail.ru.

**Zeinalov, Fazil Nazim ogly**, Ph.D. (Law), Associate Professor, Head of the Department of Organisation of State Road Traffic Safety Inspectorate Activities of Oryol Law Institute named after V. V. Lukyanov of the Ministry of Interior of the Russian Federation, Oryol, Russia, fazil-z@yandex.ru.

**Mitroshin, Dmitry V.**, Head of Federal State Institution Scientific Centre for Road Traffic Safety of the Ministry of Interior of the Russian Federation, Moscow, Russia, dmitroshin@mvd.ru.

**Novikov, Alexander N.**, D.Sc. (Eng), Professor, Director of Polytechnic Institute named after N. N. Polikarpov, Head of the Department of Machinery Maintenance and Repair of Oryol State University named after I. S. Turgenev, Oryol, Russia, novikovan58@bk.ru.

**Shevtsova, Anastasia G.**, D.Sc. (Eng), Associate Professor, Professor at the Department of Road Transport Operation and Traffic Organisation of Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia, shevcova-anastasiya@mail.ru.

Article received 15.11.2023, updated 20.12.2023, approved 28.12.2023, accepted 09.01.2024.

- **World of Transport and Transportation**, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 218–229

**Evtukov, Sergey A., Zeinalov, Fazil N., Mitroshin, Dmitry V., Novikov, Alexander N., Shevtsova, Anastasia G.** Development of an Approach to Analysing Regional Road Traffic Accident Rates





230



# Analysis of Environmental Compliance Violations on Roads Causing Threats of Occurrence of Emergencies



Vladimir B. MOSHKOV



Eduard S. TSKHOVREBOV



Sahiba Z. K. KALAEVA



Lyudmila A. KOROLEVA

**Vladimir B. Moshkov<sup>1</sup>, Eduard S. Tskhovrebov<sup>2</sup>, Sahiba Z. K. Kalaeva<sup>3</sup>, Lyudmila A. Koroleva<sup>4</sup>**

<sup>1, 2</sup> All-Russian Research Institute for Civil Defence and Emergency Situations of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Moscow, Russia.

<sup>3</sup> Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia.

<sup>4</sup> St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, St. Petersburg, Russia.

<sup>4</sup> ORCID 0000-0001-5661-5774; Web of Science Researcher ID: HJZ-4255-2023; Scopus Author ID: 57395471000.

<sup>2</sup> rebrovstanislav@rambler.ru.

## ABSTRACT

The relevance of environmental safety problems in the process of reconstruction, repair, and maintenance of public roads is predetermined by the presence of many transport accidents, as well as dangerous events with extremely negative environmental and socio-economic consequences for safety and well-being of the population.

The objective of the study is to determine the parameters of environmentally safe operations during reconstruction, repair, and operation of roads. The main purposes of the work focused on a comprehensive survey of work sites on public roads; assessment of compliance with environmental safety requirements when carrying out various types of operations; analysis of violations of environmental laws, of causes, conditions for their occurrence, potential threats of

occurrence of man-made emergency situations following violation of environmental compliance; development of a set of measures to ensure respect of environmental safety requirements, prevent emergency situations and their dangerous consequences for the environment and life safety of the population.

The study has resulted in a list of measures substantiated as a result of an analysis of the environmental situation and intended to ensure environmental safety requirements during repair, reconstruction, and maintenance of roads.

The results of the work were reported on August 29, 2023, in Vologda at the scientific section of the theoretical part of the annual Federal road agency's exercises to ensure transport safety and prevent emergency situations.

**Keywords:** environmental safety, transport accidents, roads, highways, repairs, maintenance, emergency situations.

---

**For citation:** Moshkov, V. B., Tskhovrebov, E. S., Kalaeva, S. Z. K., Koroleva, L. A. Analysis of Environmental Compliance Violations on Roads Causing Threats of Occurrence of Emergencies. *World of Transport and Transportation*, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 230–236. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-11>.

**The original text of the article in Russian is published in the first part of the issue.**

**Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.**

## INTRODUCTION

Ensuring the environmental safety of the transport system and of road transport infrastructure is of paramount importance for ensuring sustainable socio-economic development of the country.

The national importance of these issues is reflected in the National Security Strategy of the Russian Federation, the Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period until 2035, and the Environmental Safety Strategy of Russia for the period until 2025.

Road transport and road infrastructure serve as a massive source of negative impact on the environment. The problems of pollution of the natural environment with industrial and municipal waste, untreated wastewater, emissions of various aerosols of solid particles, and gaseous compounds into the atmospheric air deserve the closest attention.

To comprehensively study the state of activities in the field of monitoring and forecasting man-made emergency situations with adverse environmental consequences, compliance with environmental safety requirements during repair and operation of public roads, in the summer of 2023, on-site interdepartmental activities were carried out to examine the state of environmental safety of road reconstruction, operation and repair facilities, stocks of road equipment and storage of materials, to prevent accidents and emergencies of an environmental nature, their adverse consequences for the life of the population, economic entities, environment.

Based on the results of a field study of the state of environmental safety on public roads, the question arose about the relevance of developing a set of measures to prevent possible man-made emergencies caused by environmental threats due to violations of environmental and sanitary requirements, norms, and rules during reconstruction, repair and maintenance of facilities of road transport infrastructure, and that is the *objective* of the study.

## MATERIALS AND METHODS OF RESEARCH

The materials for the research included published works of scientists, specialists, and researchers in the field of environmental safety in transport industry [1–5], transport safety,

prevention of transport accidents and of related man-made emergencies, analysis of environmental violations during reconstruction, repair, and operation of highways [6–10], the results of our own research in the field of ensuring environmental safety and environmental protection in transport sector, resource saving, safe handling of waste and secondary resources in transport and other enterprises [11–15].

The concept of this study is based on the priority directions of state policy in the field of waste management, as well as of monitoring, forecasting, prevention and timely response to emergencies of a natural and man-made nature, principles generally accepted in the world community, i. e., Zero waste and Circular Economy [16–20].

The research *methodology* includes system analysis, statistical processing of data on the environmental situation of transport facilities obtained as a result of systematisation and generalisation.

## RESULTS

At the first stage of the study, materials from comprehensive surveys of reconstruction, repair, and operation sites of highways, obtained during the survey using a specially developed form, were summarised and systematised (Table 1).

After systematising and summarising the materials from the survey of road transport infrastructure, the authors carried out an analysis of violations of the requirements of environmental laws during operations on highways leading to dangerous accidents, man-made emergencies (based on collection and systematisation of data on repair and operation of road transport infrastructure and maintenance of auxiliary objects).

During the event, a number of environmental violations were identified, primarily those, characteristic of operation of road equipment parking sites, storage of materials and structures, and mini-towns for repair and maintenance personnel. Most of these types of facilities are operated by contractors who carry out various types of repairs and maintenance of road transport infrastructure.

Most of these violations (separately or in combination), in case of unfavourable weather





**Table 1**  
**Form for survey of facilities regarding compliance with requirements of sanitary and environmental laws (fragment)**

Contents of the requirement
<b>1. Hazardous waste management</b>
Accumulation of waste is allowed only in places (sites) of waste accumulation that meet the requirements of legislation in the field of sanitary and epidemiological welfare of the population and the laws of the Russian Federation. Special sites for temporary storage, accumulation of materials, raw materials, semi-finished products, waste are embanked, equipped with anti-filtration screens, protective waterproofing, have a fence around the perimeter of the site, are located outside the drainage areas of surface and underground water bodies, land plots covered with a soil vegetation layer. Storage of bulk and volatile materials, substances, waste is not allowed in open form (in bulk) in premises, on construction sites without the use of dust suppression agents. Loading and unloading of liquid raw materials and materials is carried out through closed paths using gravity flow and pumps. Storage, movement of bulk materials, waste is carried out in securely closed, moisture-proof, chemical-resistant bags. The process of filling containers, collectors, measuring vessels with toxic liquids is equipped with alarm systems about the maximum permissible level of their filling, monitoring their content using level meters.
Cleaning and washing of contaminated containers and vehicle wheels are carried out at sites specially equipped with a system for collecting contaminated wastewater with its subsequent treatment and with storm drainage.
It is prohibited: dumping of production and consumption waste, including radioactive waste, into surface and underground water bodies, into drainage areas, into the subsoil and onto the soil. Organisation of waste transportation is carried out under the following conditions: availability of a waste passport of I-IV hazard class; availability of documentation for transportation and transfer of waste, drawn up in accordance with the rules for transportation of goods, indicating the amount of transported waste, the purpose and destination of their transportation; compliance with safety requirements for transporting waste by vehicles; the presence on vehicles, containers, tanks used for transporting waste, of special distinctive signs indicating a certain hazard class of waste.
<b>2. Water conservation</b> Within the boundaries of water protection zones the following is prohibited: – placement of production and consumption waste disposal facilities, chemical, toxic, poisonous substances; – movement and parking of vehicles, with the exception of their movement on roads and parking on roads and in specially equipped places with hard surfaces; – construction and reconstruction of gas stations, warehouses for fuel and lubricants, service stations used for technical inspection and repair of vehicles, washing vehicles; – discharge of wastewater, including drainage water. Discharge of production and consumption waste into water bodies and burial therein is prohibited.
Within the boundaries of flood zones, flooding are prohibited: 1) construction of capital construction projects that are not provided with structures and (or) methods of engineering protection of territories and objects from the negative effects of water; 3) placement of production and consumption waste disposal facilities, chemical, explosive, toxic substances.
<b>3. Protection of land resources</b> Owners of land plots and persons who are not owners of land plots are mandatorily obliged to: carry out measures to protect lands, forests, water bodies and other natural resources, fire safety measures; prevent pollution, depletion, degradation, damage, destruction of lands and soils, and other negative impacts on lands and soils.



<https://avatars.dzeninfra.ru>

conditions or other violations of the rules of operation and repair, can lead to the occurrence of man-made emergencies in the format falling under the criteria for classifying events as natural and man-made emergencies, approved by the Order of Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM), dated 05.07.2021 No. 429 «On establishing criteria for information about emergency situations of a natural and man-made nature».

Some of the most common violations of environmental and sanitary requirements at reconstruction, repair, and maintenance sites of highways are:

- local littering of the territory with construction, industrial and municipal waste;
- contamination of land on the territory of the facility with oil products;
- repair of equipment in open areas with spills of oil products;
- storage of containers with used oils without a pallet in an open state on unpaved surfaces or on the soil cover;
- storage in an open area without embankment or shed of scrap metal, polymer products, components and parts contaminated with oil products, other chemical compounds, as well as removed contaminated asphalt concrete pavement in the form of lump residues, crumbs, dust.

The listed wastes are classified as hazard class 3–4, i. e., pose a danger to the environment if it enters with surface (storm, melt) wastewater along the slopes of the territory and through the system of drainage ditches, or under the influence of wind on the drainage areas of water bodies and on the soil cover.

No technical measures have been taken to embank the territory, organise collection and purification of surface wastewater to prevent contamination of the natural environment (soil cover, water bodies) with suspended substances, metal salts, organic compounds, oil products, and surfactants.

In these cases, there is a potential threat of exceeding the maximum permissible concentrations of hazard class 3–4 pollutants entering water bodies and soil with runoff by more than 50 times.

Environmental hazards may also occur in case of partial flooding of property areas during heavy rain or during spring floods as a result of active snow melting. If the MPC is exceeded, the unfavourable situation, in accordance with the criteria for classifying events as an emergency, is characterised as an emergency with release and discharge of pollutants into the environment at road and transport infrastructure facilities.

Other identified violations that pose a potential environmental hazard include:

- *World of Transport and Transportation, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 230–236*



- contamination of the vehicle washing station with solid sediment and oil products (film), irregular pumping of wash water;
- lack of wheel washing stations with waste collection and removal under contract or cleaning during repair work on roads;
- contamination of roadside drainage ditches;
- violation of the rules for separate collection and temporary accumulation of used motor oils, batteries, scrap metals, cut down and uprooted trees and shrubs, stumps, tree trunks, oily sand;
- irregular waste removal, which contributes to overfilling of containers and contamination of facility areas;
- unsecured water drainage (stagnation of water, formation of local zones of water accumulation) during and after completion of repair work along the right of way;
- lack of data on studies of untreated surface wastewater entering watersheds and soil;
- storage of removed vegetation soil cover without taking technical measures to protect against spraying and leaching.

In a number of cases, on the border of the sanitary protection zone of the location of production bases for repair and operation of road equipment, temporary camps for repair workers, the grass stand exceeds 25 cm. Subject to hot weather, careless handling of fire and taking into account the presence of scattered flammable wood, polymer, cardboard and paper waste, insufficient insulation of warehouses of flammable materials, non-compliance with fire safety rules, local fire of objects is theoretically possible with the transition of an unfavourable fire situation into an emergency man-made one.

Explanatory work on prevention of emergency situations and their dangerous consequences for life and the environment with employees is not properly carried out. Based on the results of sociological surveys and analysis of regulatory and technical documentation, it was revealed that an environmental action plan had not been developed and was not communicated to employees, there is no sufficient understanding of either departmental environmental control, monitoring of natural and man-made emergencies, or production control in the field of waste management. There are no employees responsible for environmentally

safe separate collection and isolated storage of hazardous production and consumption waste.

## DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Thus, the study revealed the prerequisites and causes for the occurrence of environmental hazards at sites of reconstruction, repair, and maintenance of public roads. Failure to take proper preventive measures to reduce them may lead to the occurrence of man-made emergencies.

To ensure the environmental safety of these technospheric territories, a set of organisational and technical measures is proposed.

1. Development of a comprehensive plan of environmental protective measures with a section on emergency prevention during waste management, as well as during operation of facilities associated with a negative impact on the environment, indicating deadlines and those responsible.

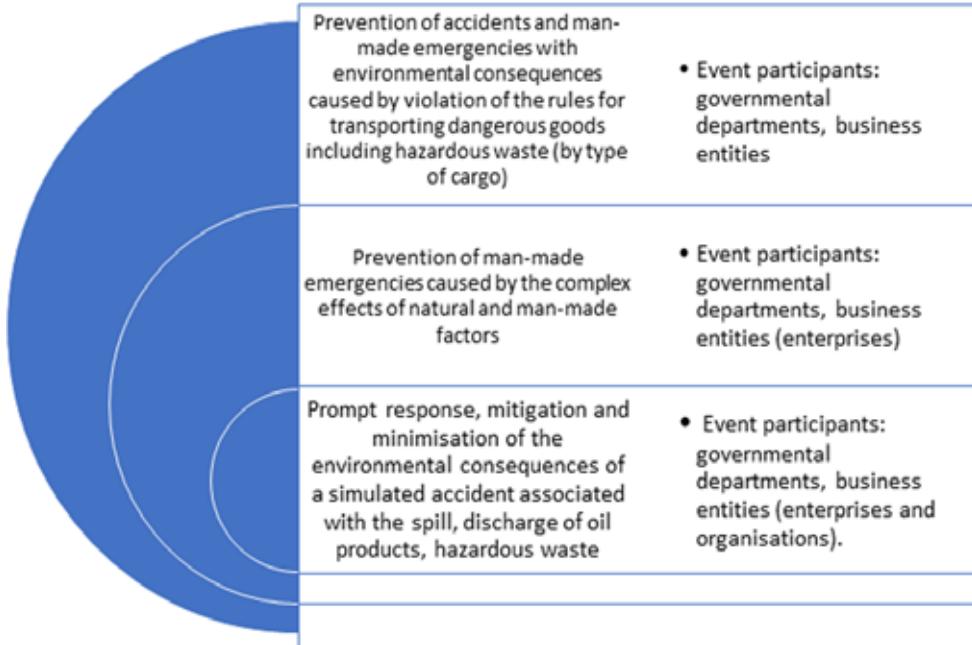
2. Analysis of the issue of draining contaminated surface runoff with subsequent treatment or accumulation in settling tanks with subsequent removal to special processing enterprises licensed to dispose these types of waste.

3. Organisation of a system of industrial environmental control and monitoring, including industrial control and monitoring of the management of hazardous waste from production and consumption.

4. Conduct of periodical independent environmental surveys of road transport infrastructure, considering potential environmental threats and transport accidents (summer – hot weather, summer-spring – heavy rains, spring – snowmelt, winter – slipperiness).

5. Development of appropriate recommendations on undertaking of specific sanitary and environmental measures in work projects, which are subject to control at the stages of construction, reconstruction, repair and, upon completion, at the stage of commissioning of facilities.

6. Analysis of the issue of consolidation and unification of the system of environmental requirements within the framework of the current environmental laws into a separate section of standardisation documents, methodological documents regulating the



*Pic. 1. Proposed simulated situations while developing measures to prevent emergency situations on highways [performed by the authors].*

processes of reconstruction, major and current repairs, and maintenance of road transport infrastructure facilities.

7. Involvement of research institutions into solving problems of ensuring environmental safety and preventing man-made emergencies.

As a proposal for development of intersectoral, interdepartmental cooperation in the field of preventing accidents and emergencies with dangerous environmental consequences on highways, it is considered appropriate to organise and conduct interdepartmental exercises on issues of ensuring environmental safety and preventing man-made emergencies with environmental consequences on highways.

As the main objectives of such exercises the most typical ones are identified that lead or can lead to accidents, man-made emergencies with dangerous socio-economic, environmental and other consequences (Pic. 1).

The first task being worked on is prevention of accidents and man-made emergencies with environmental consequences caused by violation of the rules for transportation of dangerous goods, including hazardous production and consumption waste, includes subtasks by type of transported goods:

a) oil products;

- b) chemical hazardous liquid substances;
- c) chemically hazardous gaseous compounds;
- d) liquid toxic waste;
- e) municipal solid waste;
- f) construction waste;
- g) bulk mineral waste;
- h) waste of electronic and electrical equipment;
- i) battery waste.

The implementation of the second task covers prevention of man-made emergencies caused by the complex effects of natural (hazardous hydrological and meteorological phenomena and processes: floods, inundations, flooding, strong winds, etc.) and man-made factors (violation of environmental and sanitary requirements for repair, maintenance, operation: pollution of territories of production and repair bases with chemicals, oil products, waste).

The fulfilment of these tasks, according to the authors, on the one hand, will help to increase the level of protection of the natural environment and the life of the population from environmental threats, on the other hand, will help strengthen interdepartmental, intersectoral, interregional interaction to resolve these pressing issues of our time.



## REFERENCES

1. Aksenov, I. A., Aksenov, V. I. Transport and environmental protection [Transport i ohrana okruzhayushchey sredy]. Moscow, Transport publ., 1986, 176 p. EDN: SWQCUB.
2. Petrosyan, T. O., Sidorenko, V. F. Ecological safety of highways [Ekologicheskaya bezopasnost avtomobilnykh dorog]. Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Construction, 2012, Iss. 28 (47), pp. 332–336. EDN: NQYPYC.
3. Sinyakova, M. G., Krylov, A. V. Prevention and liquidation of emergency situations on highways of the constituent entity of the Russian Federation: experience and problems [Preduprezhdenie i likvidatsiya chrezvychainykh situatsiy na avtodorogah subyekta RF: opyti i problemy]. Eurasian Union of Scientists (EUS), 2019, Iss. 10 (67), pp. 42–44. EDN: LBJUHG.
4. Durnev, R. A. Tverdokhlebov, N. V. Prevention of transport collapses on highways in winter and elimination of their consequences – a common cause [Preduprezhdenie transportnykh kollapsov na avtomobilnykh dorogah zimoy i likvidatsiya ih posledstviu – delo obshee]. Scientific and educational problems of civil protection, 2013, Iss. 2, pp. 56–58. EDN: SCNRXL.
5. Lukashevich, O. D., Lukashevich, V. N. Ways to improve environmental safety in construction and operation of highways [Puti povysheniya ekologicheskoy bezopasnosti pri stroitelstve i eksploatatsii avtomobilnykh dorog]. Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, 2020, Vol. 22, Iss. 5, pp. 200–210. DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-5-200-210.
6. Podgornova, N. A. Ecological problems of motor transport and solutions [Ekologicheskie problemi transporta i puti resheniya]. Young scientist, 2016, Iss. 22.2 (126.2), pp. 48–50. EDN: WZVUYR.
7. Chomaeva, M. N. Motor transport and its impact on the ecological situation in urban areas. International Journal of Humanities and Natural Sciences, 2020, Vol. 3–1 (42), pp. 6–10. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10193.
8. Highways: safety, environmental problems, economy: Russian-German experience [Avtomobilnye dorogi: bezopasnost, ekologicheskie problemi, ekonomika: Rossiysko-Germanskiy opyt]. Ed. by V. N. Lukianin, K.-H. Lenz. Moscow, Logos publ., 2002, 607 p. ISBN 5-94010-190-9.
9. Mirzoeva, F. M., Shekikhacheva, Z. Z. Problems of the ecological situation on road transport in the Russian Federation [Problemy ekologicheskoy obstanovki na avtomobilnym transporte]. Fundamental research, 2014, Iss. 11–12, pp. 2665–2668. EDN: FBXPEA.
10. Serdyukova, A. F., Barabanshchikov, D. A. Influence of motor transport on the environment [Vliyanie transporta na okruzhayushchuyu sredu]. Young scientist, 2018, Iss. 25, pp. 31–33. [Electronic resource]: <https://moluch.ru/archive/211/51591/>. Last accessed 22.01.2024.
11. Tskhovrebov E., Velichko E., Niyazgulov U. Planning Measures for Environmentally Safe Handling with Extremely and Highly Hazardous Wastes in Industrial, Building and Transport Complex. Materials Science Forum, 2019, Vol. 945, pp. 988–994. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.945.988.
12. Tskhovrebov, E. S., Niyazgulov, U. D. Regulation of Waste and Secondary Resources Management. World of Transport and Transportation, 2019, Vol. 17, Iss. 1 (80), pp. 192–201. DOI: 10.30932/1992-3252-2019-17-1-192-201.
13. Kozhukhovsky, I. S., Velichko, E. G., Tselykovskiy, Yu. K., Tshovrebov, E. S. Organisational, economic and legal aspects of creating and developing technological complexes on recycling ash and slag waste in construction and other products [Organizatsionno-ekonomicheskie i pravovye aspekty sozdaniya i razvitiya proizvodstvenno-tehnicheskikh kompleksov po pererabotke zoloshlakovykh othodov v stroitelnyiyu i inuyu produktsiyu]. Bulletin of MGSU, 2019, Vol. 14, Iss. 6, pp. 756–773. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.6.756-773.
14. Tskhovrebov, E. S. Ecological and economic aspects of planning the placement and design of industrial facilities for processing and disposal of waste [Ekologo-ekonomicheskie aspekty planirovaniya razmesheniya i proektirovaniya promyshlennyyh obyektor po obrabotke, utilizatsii, obezprezhivaniyu othodov]. Bulletin of MGSU, 2018, Vol. 13, Iss. 11 (122), pp. 1326–1340. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.11.1326-1340.
15. Tskhovrebov, E. S. Formation of regional strategies for managing the management of secondary resources [Formirovaniye regionalnyh strategiy upravleniya obrasheniem s vtorichnym resursami]. Bulletin of MGSU, 2019, Vol. 14, Iss. 4 (127), pp. 450–463. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.4.450-463.
16. Elgizawy, S., El-Haggar, S., Nassar, K. Slum Development Using Zero Waste Concepts: Construction Waste Case Study. Procedia Engineering, 2016, Vol. 145, pp. 1306–1313. DOI: 10.116/j.proeng.2016.04.168.
17. Domenech, T., Bahn-Walkowiak, B. Transition Towards a Resource Efficient Circular Economy in Europe: Policy Lessons from the EU and the Member States, Ecological Economics, 2019, Vol. 155, pp. 7–19. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2019.11.001.
18. Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Resources, Conservation & Recycling, 2017, Iss. 127, 9. DOI: 10.1016/j.resconrec.2017.09.005.
19. Hart, J., Adams, K., Giesekam, J., Tingley D. D. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment. Procedia CIRP, 2019, Iss. 80, pp. 619–624. DOI: 10.1016/j.procir.2018.12.015.
20. Hertwich, E., Lifset, R., Pauliuk, S., Heeren, N. Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future. A Report of the International Resource Panel, United Nations Environment Programme, Kenya. 2020. [Electronic resource]: <https://www.unep.org/resources/report/resource-efficiency-and-climate-change-material-efficiency-strategies-low-carbon>. Last accessed 22.01.2024.

### Information about the authors:

**Moshkov, Vladimir B.**, Ph.D. (Economics), Associate Professor, Deputy Head of FSBI "All-Russian Research Institute for Civil Defence and Emergency Situations of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters" (Federal Centre for Science and High Technologies), Moscow, Russia, vniigochs@vniigochs.ru.

**Tskhovrebov, Eduard S.**, Ph.D. (Economics), Associate Professor, Senior Researcher at FSBI "All-Russian Research Institute for Civil Defence and Emergency Situations of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters" (Federal Centre for Science and High Technologies), Moscow, Russia, rebrovstanislav@rambler.ru.

**Kalaeva, Sahiba Z. K.**, D.Sc.(Eng), Associate Professor, Head of the Department of Labour and Nature Protection of Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia, kalaevasz@mail.ru.

**Koroleva, Lyudmila A.**, D.Sc. (Eng), Associate Professor, Professor at the Department of Fire, Emergency and Rescue Equipment and Automotive Engineering of St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disaster; Leading Researcher at the Laboratory of Ecology of Transport Systems of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia, lyudmila@mail.ru.

Article received 09.11.2023, approved 17.01.2024, accepted 22.01.2024.

• World of Transport and Transportation, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 230–236

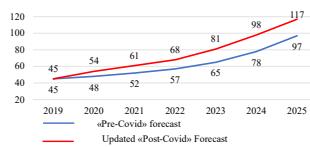
**Moshkov, Vladimir B., Tskhovrebov, Eduard S., Kalaeva, Sahiba Z. K., Koroleva, Lyudmila A.**  
Analysis of Environmental Compliance Violations on Roads Causing Threats of Occurrence of Emergencies

# EDUCATION



## TRANSPORT EDUCATION 238

*Intelligent transport systems and training of transport employees: multifaceted outlook.*

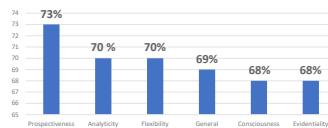


## EDUCATION AND HRM



## AIR TRAFFIC CONTROLLERS' TRAINING 244

*Testing predictive abilities and forecasting behaviour in conflict situation.*





# Intelligent Management Systems and Universities in the Transport Industry: Trends and Prospects



Olga V. ANDREEVA



Evgeny V. KHEKERT



Maria L. SOMKO



Alexey I. EPIKHIN

**Olga V. Andreeva<sup>1</sup>, Evgeny V. Khekert<sup>2</sup>, Maria L. Somko<sup>3</sup>, Alexey I. Epikhin<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russia.

<sup>2, 3, 4</sup> Admiral Ushakov Maritime State University, Novorossiysk, Russia.

<sup>2</sup> ORCID 0000-0003-0953-3949; Web of Science Researcher ID: AAL-1290-2021; Scopus Author ID: 57320865700; Russian Science Citation Index Author ID: 765031.

<sup>3</sup> ORCID 0000-0003-3683-6363; Scopus Author ID: 57321335100; Russian Science Citation Index Author ID: 941005.

<sup>4</sup> ORCID 0000-0001-8086-536X; Web of Science Researcher ID: X-2415-2018; Scopus Author ID: 57321825100; Russian Science Citation Index Author ID: 830732.

✉ <sup>2</sup>bsmbeton@mail.ru.

## ABSTRACT

The article is devoted to identifying the most probable prospects for the use of intelligent systems in universities of the Russian system of transport education.

The methodological basis of the study is built within the framework of the system functional and program-targeted approaches using the postulates of the concept of the digital economy in its modern interpretations. The methodological apparatus of the study is represented by a set of general logical methods (analysis, synthesis, analogy), theoretical methods (classification and hypothetical method), empirical methods (observation, modelling, measurement, description) and specific

methods (modern methods of analytics, interpretation and visualisation of data, including PowerBI).

The study systematises priority trends and tendencies in development of intelligent technologies in management of universities, and also shows that correct identification of the direction of development should not be limited only to the analysis of megatrends, but also supplemented by taking into account the specifics of the material and technical support of the educational process in transport universities.

As a result of the study, the most significant prospects for intellectualisation of management systems in educational organisations of the transport industry were determined.

**Keywords:** intelligent management systems, university, transport education, megatrends, digital transformation, cyber-physical simulators.

**For citation:** Andreeva, O. V., Khekert, E. V., Somko, M. L., Epikhin, A. I. Intelligent Management Systems and Universities in the Transport Industry: Trends and Prospects. *World of Transport and Transportation*, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 238–243. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-14>.

**The original text of the article in Russian is published in the first part of the issue.**

**Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.**

## INTRODUCTION

The relevance of the problem under study is due to the fact that intellectualisation of transport management systems, accelerated by development of the digital economy, requires identifying trends and prospects for the use of intelligent management systems in universities of the transport industry. Transport is a system integrator of the entire economic system, which has a significant impact on formation of added value in the country. The use of artificial intelligence and intelligent systems in management has become a megatrend of global market development. This in turn entails the emergence of a need for training personnel with the appropriate competencies. Loyalty and receptivity of transport employees to the latest technologies should be formed at the level of an educational organisation.

Higher education in the field of transport is a specific subsystem of the Russian education system. The originality and uniqueness of the system of training personnel in the transport industry is determined by high requirements for the level of training of graduates, since the fulfilment of fundamental requirements for the transport system – for its safety and reliability – depends on the development of competencies. Modernisation of the institutional and legal foundations of functioning of the Russian system of professional education is caused, first of all, by increasing requirements for the level of practical training of graduates, which is dictated by the objective need to train specialists capable of ensuring the transition of the Russian economy to a new technological structure. The system of transport education is distinguished by a high level of technologization of the educational process, which, in turn, predetermines a forced high level of adaptability of educational organisations to the challenges of the external environment [1; 2]. The established trend of intellectualization of management systems in the economic system requires additional research from the standpoint of choosing optimal trajectories for development of universities within the transport industry.

## RESEARCH METHODOLOGY

The study was conducted using the following open and verifiable sources:

- Data on the use of intelligent systems in education, aggregated within the framework of the Global Education Landscape project; open

data is presented on the official website of Holon IQ and represents the results of machine processing of metadata on educational technologies used in the global environment, as well as the results of predictive analytics based on them.

- Data on the state, trends and development prospects of the global transport education market, presented in scientific and applied publications included in the Scopus and Web of Science bibliometric databases for the period 2015–2024 [3–6].

- Data on the state, trends and development prospects of the Russian transport education system, presented in scientific and applied publications included in Russian Science Citation Index for the period 2015–2024.

- Data on educational programs of professional education that provide training of specialists in the field of transport of various skill levels, presented on the official websites of educational organisations of the EAEU.

- Data of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, including monitoring data.

- Data of the Ministry of Transport of the Russian Federation.

- Data from openly published rankings of educational organisations.

The methodological apparatus of the study is represented by a set of general logical methods (analysis, synthesis, analogy), theoretical methods (classification and hypothetical method), empirical methods (observation, modelling, measurement, description) and specific methods (modern methods of analytics, interpretation and visualization of data, including PowerBI).

The methodological base of the study is built within the framework of the system functional and program-targeted approaches using the postulates of the concept of the digital economy in its modern interpretations.

## RESULTS

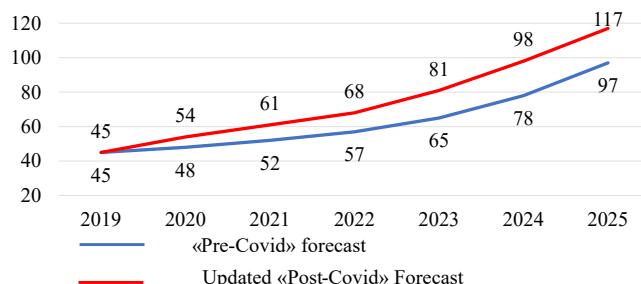
### Intelligent Management Systems are a Megatrend in Development of the Global Education Market

Processing of data presented within the framework of the Holon IQ Global Education Landscape project<sup>1</sup> allowed clustering all

<sup>1</sup> Global Education Landscape 2024 Handbook. Global Learning Landscape. HolonIQ. 2024. [Electronic resource]: <https://www.holoniq.com/notes/2024-global-education-outlook>. Last accessed 22.01.2024.

• World of Transport and Transportation, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 238–243





Pic. 1. Global education market, 2019–2025 (forecast), billion dollars.  
 (Global online education market during the pandemic. Resource data Liberty marketing.  
 [Electronic resource]: <https://express.liberty7.ru/blog/global-online-education-during-pandemic>. Last accessed 18.02.2024).

**Table 1**  
**Experience of using AI systems in various EdTech clusters**  
**[compiled by the authors based on<sup>1</sup>]**

№	EdTech Cluster	Application of AI
1.	Knowledge and content	+
2.	Staff and talent	+
3.	International education	+
4.	New models of education	+
5.	Assessment	+
6.	Support for the educational process	+
7.	Practice-oriented learning	+
8.	Traditional models of education	-
9.	Employment and vacancies	+
10.	Education management	+

existing educational technologies into ten main clusters. As part of this study, more than 300 educational technologies were considered to determine the degree of intellectualization of machine data processing procedures. As a result, it was established that in nine out of ten clusters it is already possible to use artificial intelligence (hereinafter – AI) (Table 1).

Since artificial intelligence systems have enormous potential in terms of scale effect, it can be assumed that the use of intelligent management systems in educational activities is only a matter of time. It should be noted that a separate study is required on the issue of training personnel for the upcoming changes in terms of developing the necessary competencies. However, it is absolutely obvious that the use of the functionality of AI systems is becoming a prerequisite for ensuring the necessary level of transition from educational products to educational services, ensuring real individualisation of the educational trajectory and coordinating labour market demands and systems of «fine tuning» of specialists.

In the study of megatrends, an analysis of the financial capacity of the global educational services market and the pace of its development seems to be of no small importance (Pic. 1).

The highest growth rates are predicted in the online education segment. By 2025, a 2,6-fold increase is predicted: from 50,7 billion dollars to 130,3 billion dollars. This allows us to talk about the highest importance of modern readiness of transport universities to enter the international educational services market. At the same time, starting in 2021, the emphasis is shifting from the global to the regional level: the main pole of economic growth is now confidently forming in the EAEU countries. In this regard, the unification of intellectual capital and digital technologies to ensure a «seamless» educational environment naturally acquires a priority rank in formation of development strategies for transport universities. This makes it possible to ensure proactive («advanced») updating of the educational, laboratory and simulator base, and, considering the designated megatrend, in the direction of expanding the practice of using AI systems and cyber-physical simulators. The «seamless» nature of the educational environment creates a solid foundation for the possibility of building «seamless» transport corridors in the context of the emergence of a new world order – a multipolar global world.

### Institutional and Legal Foundations for Intellectualization of Elements of Material and Technical Support of the Russian Transport Education System

The latest stage of development of the Russian transport education system is most clearly characterised by the following.

- Firstly, requirements for mandatory availability of developed material and technical

support in terms of «training and simulator base, including vehicles and simulators»<sup>2</sup>.

- Secondly, the implication of a proactive approach in a program document that predetermines priority trajectories for development of the sectoral education system<sup>3</sup>, in particular, the use of cyber-physical simulators and development of educational programs for «professions of the future».

- Thirdly, the need to carry out an accelerated digital transformation of universities within the transport industry in the interests of ensuring the implementation of priority national goals.

The designated institutional and legal framework requires that universities within the transport industry have a balanced combination of human capital and technical and technological infrastructure. The human capital of a university is traditionally decomposed into management personnel (management team), faculty, researchers, and educational and auxiliary staff. The performance of all groups of employees is already determined by the level of development of their digital competencies and ability to use AI systems. Thus, the proctoring system used in conducting certification tests remotely is the most common of the intelligent systems that accompany the modern educational process.

### **AI-Transformation of the Material and Technical Support of the Educational Process in Universities within the Transport Industry**

The task of unification in the context of the explosive development of intelligent management systems is no longer a super task only for human intelligence. The use of AI, including machine learning and big data analytics, can significantly facilitate the work of systematisation, clustering and studying the differences in the requirements for specialists employed in the transport industry. In addition, several countries already have successful experience in individualising a professional trajectory based on machine processing of data on the level of professional training of a specialist: after passing the assessment procedures, the educational trajectory necessary to ensure the required qualification level is formed automatically [7].

<sup>2</sup> Part 6 Art. 85 of the Federal Law dated 29.12.2012, N 273-FZ, «On Education in the Russian Federation».

<sup>3</sup> Order of the Government of the Russian Federation dated 06.02.2021, № 255-p «On approval of the Concept for training personnel for the transport complex until 2035».

The level of development of the educational environment infrastructure and its provision with laboratory, training and educational and industrial equipment (or its virtual analogues) is decisive for the quality of practical and applied training of students. The infrastructure of the educational environment and training equipment require advanced technical and technological modernisation based on the latest research results. Thus, the availability and use of cyber-physical simulators has become an implied requirement for modern universities in the field of transport. Several Russian transport universities have already begun developing such simulators, since technological sovereignty is a basic factor in the strategy system in modern geopolitical conditions [8].

In this process, the conceptual role is played by establishment and institutionalisation of a system of continuous interaction between universities and scientific organizations, specialised research institutes and leading employers. Existing interaction systems are predominantly discrete in nature and do not allow for timely and prompt updating of the laboratory and simulator base. At the same time, for transport universities, the availability and technological effectiveness of the laboratory and simulator base are integral conditions for ensuring the competitiveness of educational products and services, as well as the satisfaction of employers with the quality of practical skills of young specialists.

The priority task at the state level should be the transfer of the latest technologies, hardware and software samples to universities for their active inclusion in the system of practical and applied training. A strategically significant accompanying process is the need for regular internships for faculty in organisations and enterprises of the transport sector, since the efficiency and productivity of the use of the material and technical base of the educational organisation depend on the quality of their operation [9; 10]. This task must be consolidated at the state level and at the same time provide tools and methods for stimulating the participation of employers in development of laboratory and simulator bases of universities. The development of functional organisational and financial instruments to support the innovative modernisation of laboratory and simulator complexes of transport educational organisations, including public-private partnership programs and tax preferences for employers participating in development of specialised laboratory bases, is the most important element of the mechanism for implementing the



strategy for development of transport education and the export of educational services.

The acceleration of scientific and technological advancements and the transition to new technological paradigms pose the task of updating, modernising and innovatively transforming technical teaching aids for universities. For transport universities, the most urgent task remains to provide laboratories and training complexes with models or their high-quality virtual analogues [11].

The quality of practical and applied training of young specialists, the level and scale of using innovation-focused technical teaching aids in the educational process, the readiness and ability of young specialists to master innovations predetermine the level of dependability and safety of transport systems in the strategic perspective. Risk-orientation in the safety management of transport systems and complexes involves the development of systems for preventing the negative impact of the human factor on technical means and technological complexes, including through automation and reducing the level of on-job dangers. From this position, the development of targeted applied skills of transport industry specialists within the educational process is a fundamental condition for ensuring the main parameters of transport. i.e., dependability and safety [12].

The development of laboratory and training facilities of transport universities should be carried out simultaneously in all specialties and areas of training: in the field of railway transport and traffic management, transport logistics and international multimodal transportation, transport construction, maintenance and operation of transport production and supporting infrastructure, transport safety and ecology, as well as jurisprudence, finance, economics and management [13]. De-synchronisation of the levels of development of laboratory and training facilities creates the risk of insufficient practical and applied training of young specialists and leads to the reluctance of employers to involve students in industrial practices and internships.

The list of specific types, types and classes of training equipment, including cyber-physical, required by transport universities should be approved at the state level with participation of leading employers and specialised research institutes [14].

The profiling of transport universities by types of transport in the context of the need to

ensure a model for the export of transport services and the development of multimodal transportation actualises the problem of using network forms of training to implement practical training of young specialists to increase the positive network effect from the modernisation of the educational and laboratory base and the innovatization of training complexes. This, in turn, requires the elimination of gaps in the legal regulation of the academic mobility of students and scientific and pedagogical staff. The formation of individual trajectories based on the analysis of the «digital footprint» seems to be the optimal vector for resolving this problem.

## CONCLUSIONS

The conducted research has determined the most probable prospects for the use of intelligent systems in universities in the Russian transport education system. The most significant prospects for intellectualization of management systems in educational organisations of the transport system include:

- Development of microservices taking into account the potential for further integration of aggregated metadata within the framework of super services (industry, federal, international).
- Accelerated development of big data processing technologies for the use of «digital footprint» analysis technologies for the purpose of forming individual student trajectories.
- Implementation of AI systems for administering routine procedures in the educational process to optimise follow-up costs and to free up resources for development.
- Involvement of representatives of employers and partners from the transport industry in development of educational, laboratory and training facilities in the format of scientific, educational and scientific and production centres, in particular, for the introduction of the latest cyber-physical simulators into the educational process [15; 16].
- Active dissemination of the technology for formation of «digital twins» for creation of modern simulators and the possibility of their timely updating [17].
- The need for the fastest possible digital transformation of the sectoral education system to optimise the algorithms for its further modernisation and debugging in the context of achieving national goals.
- Designing individual educational environments depending on the target educational outcome and the level of the educational program.

## REFERENCES

1. Volkova, L. M. Development and practical use of distance technologies in the transport education system during the coronavirus pandemic [Razrabotka i prakticheskoe ispolzovanie distantsionnykh tekhnologii v sisteme transportnogo obrazovaniya v period pandemii koronavirusnoi infektsii]. *Scientific works of the North-West Institute of Management RANEPA*, 2021, Vol. 12, Iss. 2 (49), pp. 72–77. [Electronic resource]: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_47375891\\_11232888.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_47375891_11232888.pdf). Last accessed 20.11.2023.
2. Lavrinenco, Ya. B. Support of university innovations as a necessary condition for development of the digital economy: Monograph [Podderzhka vuzovskikh innovatsii kak neobkhodimoe uslovie razvitiya tsifrovoi ekonomiki: Monografiya]. Moscow, Publishing house LLC «Ru-science», 2024, 138 p. ISBN 978-5-466-06274-8.
3. Castro Benavides, L. M., Tamayo Arias, J. A., Arango Serna, M. D., Branch Bedoya, J. W., Burgos, D. Digital Transformation in Higher Education Institutions: A Systematic Literature Review. *Sensors*, 2020, 20 (11), 3291. DOI: 10.3390/S20113291.
4. Verhoef, P. C. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 2018, Vol. 745, pp. 411–421. DOI:10.1016/j.jbusres.2019.09.022.
5. Fitzgerald, M., Kruschwitz, N., Bonnet, D., Welch, M. Embracing Digital Technology: A New Strategic Imperative. *MIT Sloan Management Review, Research Report*, 2013. [Electronic resource]: <https://www.proquest.com/docview/1475566392?sourceType=Scholarly%20Journals>. Last accessed 20.11.2023.
6. Vovchenko, N. G., Galazova S. S., Sopchenko A. A. The Impact of the Pandemic Economy on Global Trends of Digital Transformation [Vliyanie ekonomiki pandemii na mirovye trendy tsifrovoi transformatsii]. *Intellectual Resources for Regional Development*, 2020, Iss. 2, pp. 275–283. EDN: HCJALA.
7. Andreeva, O. V., Shevchik, E. V. Organizational and Financial Modeling of Transnational Industrial Clusters Sustainable Development: Experience, Risks, Management Innovation. *European Research Studies Journal*, 2017, Iss.1, pp. 137–147. [Electronic resource]: <https://econpapers.repec.org/RePEc: ers: journal: v: xx: y:2017: i1: p:137–147>. Last accessed 20.11.2023.
8. Epikhina, G. V., Epikhin, A. I., Somko, M. L. An analysis of the theoretical and methodological aspects of the competency-based approach in personnel management: directions for modification. *SHS Web of Conference*, 164 (2023), 00052. [Electronic resource]: [https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/abs/2023/13/shsconf\\_cildiah2023\\_00052/shsconf\\_cildiah2023\\_00052.html](https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/abs/2023/13/shsconf_cildiah2023_00052/shsconf_cildiah2023_00052.html). Last accessed 20.11.2023.
9. Lobachev, S. L. Transport education in the context of its digitalisation: the state and some prospects. *Transport law and safety*, 2022, Iss. 2 (42), pp. 26–33. [Electronic resource]: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_49283054\\_60558755.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_49283054_60558755.pdf). Last accessed 20.11.2023.
10. Tonkonog, V. V., Ananchenkova, P. I. Interaction of universities and industrial structures in the process of training and formation of professional competencies of employees. *Vestnik BIST*, 2023, Iss. 3 (60), pp. 116–122. DOI: <https://doi.org/10.47598/2078-9025-2023-3-60-116-122>.
11. Babubrina, O. N., Gurieva, L. K. Risks and threats of the marine industry functioning in the conditions of the world economy digitizing. *Marine intelligent technologies*, 2019, Iss. 2–2 (44), pp. 109–115. [Electronic resource]: [http://morintex.ru/wp-content/files\\_m/f/1/5/5/9/8/9/6/4/6/1/M/1/T/V/O/L/4/4/N/0/2/P/A/R/T/2019.pdf](http://morintex.ru/wp-content/files_m/f/1/5/5/9/8/9/6/4/6/1/M/1/T/V/O/L/4/4/N/0/2/P/A/R/T/2019.pdf). Last accessed 20.11.2023.
12. Botnaryuk, M. V., Klassovskaya, M. I. Determining the importance of indicators of achieving goals when building a management system for transport industry enterprises in the digital economy. *Marine intelligent technologies*, 2021, Iss. 2–4 (52), pp. 146–152. DOI: <https://doi.org/10.37220/MIT.2021.52.2.084>.
13. Andreeva, L. Y., Fedorov, A. V., Prokopenko, E. S., Sichev, R. A. Financial Engineering of Infrastructure Projects: The Concessional Mechanism. *International Journal of Economics and Business Administration*, 2019, Iss. S1, pp. 61–73. DOI: 10.35808/ijeba/252.
14. Andreeva, O. V. Investment and financial strategy of large corporations in conditions of limited economic growth: (on the example of JSC «Russian Railways»). Rostov-on-Don, Fund for Innovations and Economic Technologies «Assistance – XXI century», 2013, 176 p. ISBN 978-5-91423-072-9. EDN: RZRSFR.
15. Karelina, M. V. Modern simulators as a means of professional training of students of a transport university: opportunities and risks. In: Information security of the personality of subjects of the educational process in modern society. Monograph based on the materials of the scientific and practical conference. Authors-compilers: V. G. Martynov, I. V. Robert, I. G. Alekhina. Moscow, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), 2020, 323 p., pp. 259–272. ISBN: 978-5-91961-323-7.
16. Artyakov, V. V., Kashirin, A. I., Turko, N. I., Filippov, P. G. Management of unique technological competencies of the company: motivation system [Upravlenie unikalnymi tekhnologicheskimi kompetentsiyami kompanii: Sistema motivatsii]. *Economy and management: problems, solutions*, 2023, Vol. 7, Iss. 10 (139), pp. 39–46. [Electronic resource]: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_55870585\\_86404092.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_55870585_86404092.pdf). Last accessed 20.11.2023.
17. Burylin, Ya. V., Grinek, A. V., Boychuk, I. P., Boran-Keshishyan, A. L., Kondratyev, S. I. A complex of software and hardware for solving problems of autonomous navigation [Kompleks programmnno-apparatushnykh sredstv dlya resheniya zadach avtonomnogo sudovozhdeniya]. *Marine intelligent technologies*, 2022, Iss. 4–1 (58), pp. 68–74. DOI: <https://doi.org/10.37220/MIT.2022.58.4.025>.

### Information about the authors:

**Andreeva, Olga V.**, Ph.D. (Economics), Associate Professor of Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russia, [a\\_o\\_v@mail.ru](mailto:a_o_v@mail.ru).

**Khekert, Evgeny V.**, D.Sc. (Eng), Professor, Vice-Rector of Admiral Ushakov Maritime State University, Novorossiysk, Russia, [zur\\_mga@nsma.ru](mailto:zur_mga@nsma.ru).

**Somko, Maria L.**, Senior Lecturer at Admiral Ushakov Maritime State University, Novorossiysk, Russia, [mbkl@mail.ru](mailto:mbkl@mail.ru).

**Epikhin, Alexey I.**, Ph.D. (Eng), Associate Professor, Head of the Department of Operation of Marine Mechanical Installations of Admiral Ushakov Maritime State University, Novorossiysk, Russia, [bsmbeton@mail.ru](mailto:bsmbeton@mail.ru).

Article received 20.11.2023, updated 22.01.2024, approved 19.02.2024, accepted 25.02.2024.

• World of Transport and Transportation, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 238–243

Andreeva, Olga V., Khekert, Evgeny V., Somko, Maria L., Epikhin, Alexey I. Intelligent Management Systems and Universities in the Transport Industry: Trends and Prospects





# Study of the Relationship Between the Predictive Abilities of Student Air Traffic Controllers and Their Behaviour in a Conflict



Marina V. ERKHOVA



Pavel V. ZOBOV

Marina V. Erkhova<sup>1</sup>,  
Pavel V. Zobov<sup>2</sup>

Ulyanovsk Civil Aviation Institute, Ulyanovsk, Russia.

<sup>1</sup> ORCID 0000-0003-1283-3088; Russian Science

Citation Index SPIN-code: 7354-258.

<sup>2</sup> ORCID 0000-0002-6092-3515; Russian Science

Citation Index SPIN-code: 2312-2879.

✉ <sup>2</sup> zobov\_pavel@mail.ru.

## ABSTRACT

The objective of the research is to study the relationship between the predictive abilities of student air traffic controllers and their behaviour in a conflict. These personal characteristics were chosen due to their high professional significance in the field of air traffic control. The article substantiates the relevance of studying the relationship between the intellectual and communication abilities of air traffic controllers, the need to develop these abilities when obtaining higher professional education.

The results identify the relationship between the manifestation of the basic properties of thinking of air traffic controllers, characterising their ability to predict the situation, and the strategies of their behaviour in a conflict. The main research methods included theoretical analysis of literature, generalisation, testing, analysis, and statistical methods.

The provided study involved 64 second-year students at Ulyanovsk Civil Aviation Institute, studying within the speciality profile «Air Traffic Control».

Testing using the Thomas-Kilmann instrument (adapted by N. V. Grishina), aimed at identifying the behaviour strategies of

respondents in a conflict situation, as well as testing using the «Forecasting Ability» testing method developed by L. A. Regush were used as empirical research methods. The diagnostics allowed to measure the following properties of thinking characterising the prognostic abilities of students: analytical thinking, consciousness, flexibility, perspective and evidence-based thinking.

Analysis of the test results allowed building a diagram of the group average manifestation of five main strategies of behaviour of respondents in a conflict, as well as a diagram of manifestation of five main components (according to L. A. Regush) of the predictive abilities of student air traffic controllers and considering the relationship between them. The analysis of the results obtained was carried out from the point of view of the requirements regarding the future occupation of the respondents.

To determine the degree of consistency of the series of values of behaviour strategies in conflict and the properties of predictive thinking in the group of respondents, the Pearson correlation coefficient (Pearson R) was used as a method of statistical data analysis.

**Keywords:** air transport, anticipation, predictive abilities of air traffic controllers, behaviour in a conflict, professional skills of an air traffic controller.

**For citation:** Erkhova, M. V., Zobov, P. V. Study of the Relationship Between the Predictive Abilities of Student Air Traffic Controllers and Their Behaviour in a Conflict. *World of Transport and Transportation*, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 244–250. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-13>.

**The original text of the article in Russian is published in the first part of the issue.**

**Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.**

## INTRODUCTION

An air traffic controller is a highly qualified civil aviation specialist who ensures regular, safe, economically feasible movement of aircraft. An air traffic controller in the field of civil aviation coordinates movement of aircraft from the phase of towing the aircraft across the airfield, take-off, cruising flight to landing and towing to the parking area. Air traffic controllers maintain close professional interaction with pilots, airport ground services, and airline services. Professionally important qualities of an air traffic controller are determined by the content of relevant activity, job responsibilities, situational requirements, which are prescribed in the Federal Aviation Regulations<sup>1</sup>, the Single Qualification Reference Handbook of Positions of Managers, Specialists and Employees<sup>2</sup>. Since the occupation of an air traffic controller covers a wide range of professional tasks of high complexity, the requirements for the personal features of an air traffic control specialist include cognitive, communicative, emotional-volitional and moral components that are in complex relationship but make up a single whole of the professional's personality. The study of these relationships and the features of their influence on the professional activities of an air traffic controller seems to be an interesting research task, approaches to the solution of which are partly presented in this paper.

The profession of an air traffic controller can be attributed to two professional systems at once (according to the classification by E. A. Klimov): «human-to-machine» and «human-to-human»<sup>3</sup>. The work of an air traffic controller is an operator type of job with a predominance of intellectual functions in professional activity. The job is associated with constant analysis and forecasting of a rapidly changing situation, making operational decisions that ensure flight safety in the air

sector controlled by the controller. Each decision, at the same time, is a consequence of complex intellectual actions. The air traffic controller prevents dangerous approaches and collisions of aircraft, gives them instructions to change the flight mode.

As part of his activities as of an operator of complex automated systems, an air traffic controller performs a whole range of psychological actions: sensory-perceptual actions (review and identification of luminous points on the locator screen, etc.); speech motor actions (radio exchange); actions of attention aimed at monitoring and evaluating one's activities; mnemonic actions that contribute to «retention» and ordering of objects in memory; actions of imagination (creation of a complex dynamically changing image of the air situation, etc.); mental actions (modelling of navigation and professional actions, decision making, etc.) [1; 2].

## PROBLEM STATEMENT

The most important professional skills of an air traffic controller include his ability to predict the situation. The problem of forecasting is currently becoming more and more relevant for various occupations and jobs, because it is related to the success of decision-making.

It should be noted that the ability to predict in the scientific literature is considered as a component of a person's prognostic abilities, the essence of which is to anticipate events and actions. Forecasting does not come down to predicting the future, but through a probabilistic approach, considering possible alternatives for development of the situation, helps to identify the optimal solution to the problem. Psychophysiologist N. A. Bernstein, defining the essence of forecasting, argued that «in the human brain, in encoded form, there is an anticipation of the required final result of movement. The model of the required future allows a person to control his movements» [3, P. 281].

A significant contribution to the study of the problem of development of predictive abilities was made by domestic scientists B. F. Lomov [4], V. D. Mendelevich [5], N. P. Nichiporenko [6]; of probabilistic forecasting – by P. K. Anokhin<sup>4</sup>, I. M. Feigenberg [7], et al.



<sup>1</sup> Federal Aviation Regulations «Requirements for air traffic controllers and parachutist instructors» (approved by the order of the Ministry of Transport of the Russian Federation dated November 26, 2009, N 216).

<sup>2</sup> Single qualification reference book of positions of managers, specialists and employees (approved by the order of the Ministry of Health and Social Development of the Russian Federation dated 29.01.2009, № 32).

<sup>3</sup> Occupational Psychology: Textbook. Ed. by E. A. Klimov, O. G. Noskova. 2<sup>nd</sup> ed., rev. and enl. Moscow, Yurait publ., 2023, 308 p. ISBN 978-5-534-16233-2.

<sup>4</sup> Anokhin, P. K. Essays on the physiology of functional systems: Study guide. Moscow, Meditsina publ., 2012, 447 p. ISBN (EAN): 978-5-458-38439-1.

There is a significant body of research on conflictology (for example<sup>5, 6</sup>). There are a significant number of substantive works in the fields of socio-ionic characteristics of pilots [8; 9], assessment of pilots' proneness to conflict [10], interaction of the aircraft crew with the air traffic controller [11], prognostic criteria for the effectiveness of interaction in the aircraft crew [12]. However, the study of the predictive ability as the most important professional skill specifically in relation to air traffic controllers is practically absent in the scientific literature.

For an air traffic controller, a well-developed ability to forecast allows designing an information model or a spatial image of the real air traffic situation, which makes it possible to predetermine development of the air situation, factors causing risks and unusual cases, and to model ways to transform a conflict situation into a conflict-free one. An incorrect or incomplete understanding of the state of at least one element of a given air traffic control information model can pose a threat to flight safety.

As part of a helping relationship, the air traffic controller must strictly adhere to standard radio communication phraseology, provide timely feedback, possess active listening skills and emotional self-regulation in stressful situations. Research on the communication skills of air traffic controllers is most often limited to their linguistic competence, and less often to other aspects of professional communication, namely, communicative assertiveness, behaviour in conflict [13–17].

It should be noted that an air traffic controller's communication skills are related to his predictive abilities. An air traffic controller's incorrect forecast of behaviour of pilots and colleagues, and the inability to anticipate development of a particular air or ground situation increases the risk of their uncontrolled development.

The integration of the professional skills of an air traffic controller as of an operator of complex technical systems and as of a business communicator allows us to talk about the importance of studying the relationship between

<sup>5</sup> Svetlov, V. A., Semenov, V. A. Conflictology: textbook for bachelors and masters [Konfliktologiya: uchebnik dlya bakalavriata i magistratury]. Moscow, Yurait publ, 2019, 351 p. ISBN 978-5-534-06982-2.

<sup>6</sup> Zaglodina, T. A., Kopalova, O. S. Conflictology: practicum: study guide [Konfliktologiya: praktikum: uchebnoe posobie]. Yekaterinburg, Publishing house of the Russian state prof.-ped. university, 80 p. [Electronic text]: URL: <http://elar.rspu.ru/978-5-8050-0770-6>. ISBN 978-5-8050-0770-6.

the helping, intellectual and technical skills of this specialist.

In this regard, the *objective* of the research is to study the relationship between the predictive abilities of student air traffic controllers and their behaviour in a conflict. The study of this relationship is of particular importance namely regarding air traffic controllers. This is because the skills of forecasting and anticipating the development of an air situation and the skills of constructive behaviour in an emotionally tense environment of air traffic control can be considered the most important professional skills of air traffic controllers.

## RESULTS AND DISCUSSION

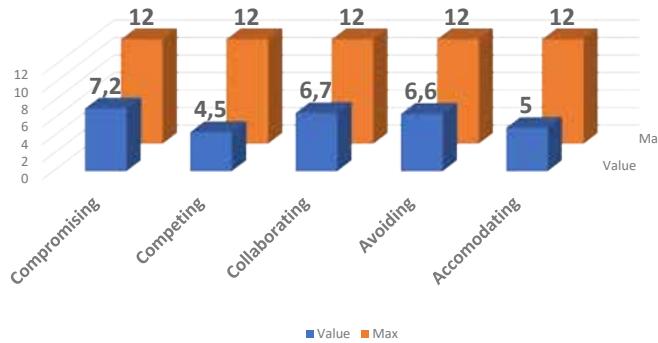
To analyse the above-mentioned relationship, a study of characteristics of behaviour in a conflict and the predictive ability among second-year students in the specialty of Air Traffic Control was conducted at Ulyanovsk Civil Aviation Institute. 64 students participated in the survey. Testing according to the Thomas-Kilmann instrument (adapted by N. V. Grishina) [18; 19] to identify the behaviour strategies of respondents in a conflict situation and according to the «Forecasting Ability» method developed by L. A. Regush<sup>7</sup> was used as an empirical research method.

The content, internal and concurrent validity of the questionnaire, according to experts, is sufficient and scientifically rationale [20]. At the same time, the experience of application of the Thomas-Kilmann conflict mode instrument (TKI) in relation to the professional sample of «air traffic controllers» is very limited. Moreover, according to several scientists, when applied to aviation personnel, the TKI does not always allow for correct identification of preferences in choosing a dominant strategy of behaviour in a conflict; and during professional psychological selection, it is «not capable of measuring an individual style of behaviour in a conflict» in fact [9; 21; 22]. The study, in addition to solving its own problems, also made it possible to verify the validity of the statement about the limited applicability of the technique.

The essence of these methods and the diagnostic results based on them are as follows.

The TKI shows the relationship between

<sup>7</sup> Test «Forecasting ability». [Electronic resource]: <https://vash-psiholog.info/knowledge/metodika-test-sposobnost-prognozirovaniyu3.html?ysclid=lljj8cjhc4769501593>. Last accessed 25.11.2023.



**Pic. 1. Average group manifestation of behaviour strategies in conflict among student air traffic controllers [performed by the authors].**

a person's behaviour strategies in a conflict. This typology is based on a two-dimensional model of a conflict, the dimensions of which are the orientation of the interests of the conflicting parties: towards themselves and towards the partner. Based on this, we can identify the following methods of conflict resolution in the TKI [18]:

- Competing, or pursuing an individual's own concerns at the other person's expense.
- Accommodating, or neglecting by an individual of his or her own concerns to satisfy the concerns of the other person.
- Compromising, or finding of an expedient, mutually acceptable solution that partially satisfies both parties.
- Avoiding, or lack of pursuing an individual's own concerns or those of the other person or collaborating.
- Collaborating, or full and lasting satisfying the concerns of both persons [18].

Each of these strategies has opportunities and constraints that are determined by the goals of the conflicting parties.

The following diagnostic results of this test were obtained.

The group average manifestation of each of the above strategies among air traffic controller cadets is shown in Pic. 1.

The diagram shows that the most pronounced and most often used strategy of behaviour of respondents in an emotionally tense situation is compromising, or a focus on partial satisfaction of needs by both parties through mutual concessions.

The less pronounced strategies «Avoiding» and «Collaborating» also fundamentally involve the use of concessions. The combination of group average strategies shows that future air traffic controllers are least likely to compete and look for compromise in a conflict situation, which is

an indicator of their well-manifested emotional self-regulation skills and ability to maintain their professional position. The remaining strategies are implemented by students to approximately the same extent and involve the use of concessions to achieve temporary or long-term agreement.

When analysing the personal values of the respondents, the predominant manifestation of the confrontation strategy (more than 10 points out of 12 maximum) is characteristic of 4,5 % of students. Basically, the vast majority of respondents expressed equable adherence to all strategies, which may indicate the flexibility of their behaviour in a conflict.

The maturity of the students' ability to predict the development of a situation was determined using the test «Forecasting Ability» by L. A. Regush. The substantive characteristics of the qualities of thinking that determine the ability to forecast, according to the author of the methodology, are analytical thinking, consciousness, flexibility, prospective and evidence-based thinking. Test tasks are aimed at assessing these properties of thinking and the integral indicator of respondents' predictive ability.

Let us explain the content of the questionnaire scales.

*Analytical thinking* is determined by the ability to systematise, structure, and interpret information. An important characteristic of analytical thinking is the ability to identify essential connections in the analysed object, find deep cause-and-effect relationships and, taking them into account, foresee development of the situation.

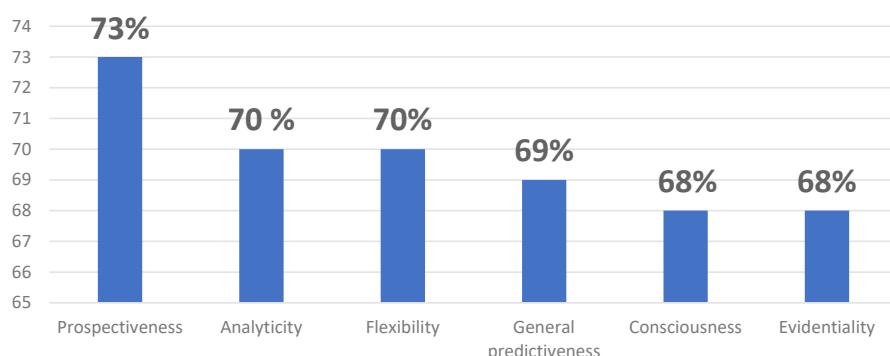
*Consciousness* of thinking is the ability to understand the essence of an object or phenomenon, understand the causes and foresee the consequences.

*Flexibility* of thinking reflects a person's



**Table 1**  
**Average manifestation of components of the predictive abilities of student air traffic controllers [performed by the authors]**

Parameters	Analytic thinking	Consciousness	Flexibility	Evidentiality	Prospective thinking	Integral indicator of predictive ability
Group average (point)	2,8	2.7	5,6	4,1	4,4	26,3
Maximum value (point)	4	4	8	6	6	38
% of manifestation	70 %	68 %	70 %	68 %	73 %	69 %



**Pic. 2. Percentage of manifestation of predictive thinking components of student air traffic controllers [performed by the authors].**

**Table 2**  
**Pearson correlation coefficient values (R) [performed by the authors]**

Properties of thinking	Strategies of behaviour in a conflict				
	Pearson correlation coefficient (R)				
	Competing	Collaborating	Compromising	Avoiding	Accommodating
Analyticity	R=0,018	R=0,117	R=0,0005	R=0,104	R=0,035
Consciousness	R=0,119	R=0,005	R=0,03	R=0,003	R=0,145
Evidentiality	R=0,06	R=0,014	R=0,0004	R=0,0004	R=0,087
Flexibility	R=0,034	R=0,0225	R=0,02	R=0,02	R=0,008
Prospective ness	R=0,0007	R=0,0034	R=0,222	R=0,075	R=0,006
General predictiveness	R=0,012	R=0,027	R=0,055	R=0,003	R=0,058

ability to cope with change, use different ways of solving problems, and generate ideas.

*Evidential reasoning* thinking is characterised by the ability to provide the necessary information to substantiate one's own position.

*Prospective thinking* is a person's ability to holistically perceive a situation and understand the dynamics of its development. Prospective thinking is related to strategic thinking and planning horizons.

The integral indicator of predictive ability has the following levels of expression:

- 0–12 points – low level;
- 13–25 points – average level;
- 26–38 points – high level.

Let us further consider the group average manifestation of components of the predictive abilities of student air traffic controllers (Table 1).

Let us imagine more clearly the percentage of manifestation of the above-mentioned thinking abilities (Pic. 2).

The diagram shows a fairly high expression of all types of thinking that characterise the predictiveness of respondents. The highest group average indicators of students were identified in terms of prospective thinking, that is, the ability to have a strategic and dynamic vision of the situation. The integral indicator of the predictive abilities of the respondents has a high level, which indicates the intelligence and pronounced

**Table 3****Critical values of the Pearson correlation coefficient [8, P. 363]**

Critical values of the Pearson correlation coefficient				
Sample size N / error	0,1	0,05	0,01	0,001
64	R=0,207	R=0,246	R=0,32	R=0,402

professional resources of the students.

Further, the study examined the relationships between the components of the predictive thinking of future air traffic controllers and the strategies of their behaviour in a conflict situation. It should be noted that the study of the relationship between the properties of thinking and individual's communication abilities has not been sufficiently studied in the scientific literature. Basically, these studies concern children and representatives of teaching professions (e.g., [23]), but in relation to civil aviation specialists, the study of this issue is limited to relatively small number of research works [24]. In this regard, one of the objectives of the study was to analyse the relationship between the group average manifestation of behaviour strategies in a conflict and the group average components of predictive thinking in the same group of respondents.

To determine the degree of consistency of the series of values of behaviour strategies in conflict and the predictive thinking abilities within one and the same sample, we used methods of statistical data analysis. To study the relationship between two metric scales on the same sample, the Pearson correlation coefficient (Pearson R) is used. It measures the strength of the relationship between two variables. The average group manifestation of each of four strategies of behaviour of respondents in a conflict was considered as variable X, and each component of predictive thinking (according to L. A. Regush) was considered as variable Y. The number of respondents is 64. The correlation coefficient was calculated using the classic Pearson correlation coefficient formula<sup>8</sup>.

Table 2 presents the calculated values of the Pearson correlation coefficients for the stated sample of students.

Comparing the values of our R-Pearson correlation coefficients for two metric variables (strategies of behaviour in a conflict and characteristics of predictive thinking) (Table 2),

<sup>8</sup> Nasledov, A. D. Mathematical methods of psychological research. Analysis and interpretation of data. Study guide. St. Petersburg, Rech publ., 2006, 304 p., P. 70. ISBN 5-9268-0275-7.

with the corresponding critical values from the table of critical values of the R-Pearson correlation coefficient for a given sample of students (Table 3), it was discovered that there is only a trend towards a reliable relationship between prospective thinking of future air traffic controllers and their willingness to compromise in a conflict situation (with an error of 0,1). No other statistically significant relationships were identified in this group of respondents.

**CONCLUSION**

The discovered trend towards dependence of prospectiveness of thinking on willingness to compromising shows that the ability of future air traffic controllers to predict the situation, to see it holistically, to assess the opportunities and constraints in the dynamics of its development contributes to the respondents' search for a compromise in an emotionally tense environment of professional communication. This trend, on the one hand, contributes to the resolution of conflict situations for a certain time period. This can be helpful in dealing with colleagues on the ground. But, on the other hand, in the situation of communication between the pilot and the air traffic controller, uncompromising compliance with aviation rules is of absolute importance since it ensures flight safety.

The conducted research has shown not only the importance of studying the interdependencies between various professionally important qualities and skills of air traffic control specialists, but also the need to assess the impact of these relationships on the effectiveness of the professional activities of air traffic controllers.

**REFERENCES**

1. Bodrov, V. A., Orlov, V. Ya. Psychology and reliability: humans in technology control systems [Psichologiya i nadezhnost: chelovek v sistemakh upravleniya tekhnikoi]. Moscow, RAS Institute of Psychology, 1998, 288 p. ISBN 5-201-02230-8.
2. Strelkov, Yu. K. Psychological content of operator's work [Psichologicheskoe soderzhanie operatorskogo truda]. Moscow, Russian Psychological Society, 1999, 196 p. ISBN 5-895-73045-0.
3. Bernstein, N. A. Physiology of movements and activity [Fiziologiya dvizhenii i aktivnosti]. Moscow, Nauka publ., 1990, 496 p. [Electronic resource]: [http://elib.old.gnpbu.ru/textpage/download/html/?bookhl=&book=bernshteyn\\_](http://elib.old.gnpbu.ru/textpage/download/html/?bookhl=&book=bernshteyn_)





- fiziologiya-dvizheniy\_ 1990. Last accessed 14.11.2023.
4. Lomov, B. F., Surkov, E. N. Anticipation in the structure of activity: Monograph [*Antitsipatsiya v strukture deyatelnosti: Monografiya*]. Moscow, Nauka publ., 1980, 223 p.
  5. Mendelevich, V. D. Anticipatory mechanism of neurogenesis [*Antitsipatsionnyi mekhanizm nevrogeneza*]. *Psychological Journal*, 1996, Vol. 17, Iss. 4, pp. 107–114. EDN: REECKG.
  6. Nichiporenko, N. P., Mendelevich, V. D. The phenomenon of anticipatory abilities as a subject of psychological research [*Fenomen antitsipatsionnykh sposobnostei kak predmet psichologicheskogo issledovaniya*]. *Psychological Journal*, 2006, Vol. 27, Iss. 5, pp. 50–59. EDN: HVCZSL.
  7. Feigenberg, I. M. Brain. Psyche. Health: Monograph [*Mozg. Psichika. Zdorovie: Monografiya*]. Moscow, Nauka publ., 1972, 95 p. [Electronic resource]: <https://pedlib.ru/Books/6/0179/>. Last accessed 27.11.2023.
  8. 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. *World of Transport and Transportation*, 2022, Vol. 20, Iss. 5, pp. 94–102. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-11>.
  9. Arinicheva, O. V., Bezryadin, A. I., Ryazanov, S. A. Possible ways to improve professional psychological selection of pilots [*Vozmozhnie puti sovershenstvovaniya professionalnogo psichologicheskogo otbora pilotov*]. *Bulletin of St. Petersburg State University of Civil Aviation*, 2015, Iss. 2 (9), pp. 5–18. EDN: ULYAJF.
  10. Arinicheva, O. V., Malishevsky, A. V. Ways to improve methods for assessing the degree of pilot conflict using fuzzy sets [*Puti sovershenstvovaniya metodik otsenki stepeni konfliktnosti pilota s ispolzovaniem nechetkikh mnozhestv*]. *Bulletin of St. Petersburg State University of Civil Aviation*, 2021, Iss. 4 (33), pp. 34–47. EDN: MZVRRL.
  11. Arinicheva, O. V., Kovalenko, G. V., Malishevsky, A. V., Mikhachevsky, Yu. Yu. Interaction of the aircraft crew with the air traffic control service: the socionic aspect of the problem [*Vzaimodeistvie ekipazha vozdushnogo suda so sluzhboi upravleniya vozdushnym dvizheniem: sotsionicheskiy aspekt*]. *Bulletin of St. Petersburg State University of Civil Aviation*, 2016, Iss. 4 (13), pp. 5–16. EDN: XQOVQJ.
  12. Arinicheva, O. V., Malishevsky, A. V., Vlasov, E. V. Aircraft Crew: Resources of Interaction. *World of Transport and Transportation*, 2019, Vol. 17, Iss. 1 (80), pp. 204–214. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-1-204-214>.
  13. Demir, M., Cooke, N., Lieber, Ch., Ligda, S. Understanding Controller-Pilot Interaction Dynamics in The Context of Air Traffic Control. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2019, 63, pp. 1225–1226. DOI: [10.1177/1071181319631493](https://doi.org/10.1177/1071181319631493).
  14. Erkhova, M. V. Study of the tendency to communicative assertiveness among aviation dispatchers [*Issledovanie sklonnosti k kommunikativnoi agressivnosti u aviationskikh dispetcherov*]. *Vestnik universiteta*, 2021, Iss. 2, pp. 181–186. EDN: VSWWVB.
  15. Ovsyannikova, M. N. Factors of effective communicative interaction between a pilot and an air traffic controller [*Faktory effektivnogo kommunikativnogo vzaimodeistviya pilota s aviadispetcherom*]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2009, Iss. 5 (71), pp. 135–140. EDN: MLQOR.
  16. Simantyeva, K. L. Features of professional communication of air traffic controllers as a basis for compiling professionally oriented English exercises [*Osobennosti professionalnoi kommunikatsii aviadispetcherov kak osnova dlya sostavleniya upravleniya po professionalno-orientirovannomu angliiskomu yazyku*]. *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Gumanitarnie issledovaniya. Humanities*, 2016, Iss. 3, Vol. 2, pp. 70–81. DOI: [10.21684/2411-197X-2016-2-3-70-81](https://doi.org/10.21684/2411-197X-2016-2-3-70-81).
  17. Tarasova, N. V., Abdullin, A. I. Features of the course of communicative conflicts in the field of civil aviation [*Osobennosti protekaniya kommunikativnykh konfliktov v sfere grazhdanskoi aviatii*]. *News of the South-Western State University. Series: linguistics and pedagogy*, 2021, Iss. 3, Vol. 11, pp. 218–229. [Electronic resource]: <https://lingusgu.elpub.ru/jour/article/view/48/49>. Last accessed 27.11.2023.
  18. Thomas, K. W., Kilmann, R. H. Thomas-Kilmann Conflict Mode Instrument (TKI) [Database record]. APA PsycTests, 1974. [Electronic resource]: [https://www.researchgate.net/publication/265565339\\_Thomas-Kilmann\\_conflict\\_MODE\\_instrument](https://www.researchgate.net/publication/265565339_Thomas-Kilmann_conflict_MODE_instrument). DOI: <https://doi.org/10.1037/t02326-000>.
  19. Batarshev, A. V. Psychodiagnostics in management [*Psikhodiagnostika v upravlenii*]. Moscow, Delo publ., 2005, 496 p. ISBN 5-7749-0407-5.
  20. Kardashina, S. V., Shangina, N. V. Psychometric characteristics of the Russian version on the Thomas-Kilmann questionnaire («Thomas-Kilmann conflict mode instrument – TKI-R»). *Pedagogical education in Russia*, 2016, Iss. 11, pp. 216–228. DOI: [10.26170/po16-11-36](https://doi.org/10.26170/po16-11-36).
  21. Arinicheva, O. V., Malishevsky, A. V. Improving the reliability of professional psychological selection of aviation specialists. *Dependability*, 2019, Vol. 19, Iss. 1, pp. 40–47. DOI: [10.21683/1729-2646-2019-19-1-40-47](https://doi.org/10.21683/1729-2646-2019-19-1-40-47).
  22. Arinicheva, O. V., Malishevsky, A. V. Study of the quality of test methods for assessing conflict behaviour for the purpose of improving professional psychological selection of aviation personnel [*Issledovanie kachestva testovnykh metodik otsenki konflikttnogo povedeniya dlya tselei sovershenstvovaniya professionalnogo psichologicheskogo otbora aviationskogo personala*]. *Quality and life*, 2020, Iss. 2 (26), pp. 90–96. DOI: [10.34214/2312-5209-2020-26-2-96](https://doi.org/10.34214/2312-5209-2020-26-2-96).
  23. Saifullina, N. A. Review of modern ideas about the communicative function of anticipation [*Obzor sovremennykh predstavlenii o kommunikativnoi funktsii antitsipatsii*]. *Aktualnye problemy gumanitarnykh i sotsialno-ekonomicheskikh nauk* [Current problems of the humanities and socio-economic sciences], 2017, Vol. 11, Iss. 10, pp. 37–40. EDN: YLLTKT.
  24. Arinicheva, O. V., Malishevsky, A. V. Study of relationship between the style of behaviour in a conflict and the level of intellectual development of future aviation specialists [*Issledovanie svyazi mezhdu stilem povedeniya v konflikte i urovнем intellektualnogo razvitiya budushchikh aviationskikh spetsialistov*]. *Bulletin of St. Petersburg State University of Civil Aviation*, 2017, Iss. 3 (16), pp. 54–60. EDN: ZWDPQN.

#### Information about the authors:

**Erkhova, Marina V.**, Ph.D. (Pedagogy), Associate Professor at the Department of Humanities and Socio-Economic Disciplines of Ulyanovsk Civil Aviation Institute, Ulyanovsk, Russia, [m.v.erhova@mail.ru](mailto:m.v.erhova@mail.ru).

**Zobov, Pavel V.**, Ph.D. (Economics), Dean of the Faculty of Aviation Specialists Training of Ulyanovsk Civil Aviation Institute, Ulyanovsk, Russia, [zobov\\_pavel@mail.ru](mailto:zobov_pavel@mail.ru).

Article received 28.08.2023, approved 29.11.2023, accepted 05.12.2023.

# 77



## ACADEMICIAN VLADIMIR N. OBRAZTSOV'S 150<sup>TH</sup> ANNIVERSARY 252, 265

*The published materials dedicated to celebration of the anniversary describe different aspects of life, research and scientific achievements of Academician Obraztsov, highlighting his diversified talents and continuing previous publications, namely on transport developments in the North of the European part of the Russian Federation (2021, Vol. 19, Iss. 3).*



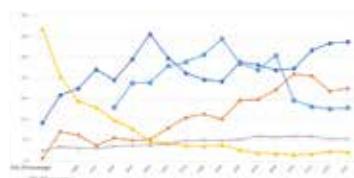
## HISTORY WHEEL



## COMMODITY STRUCTURE OF TRANSPORTATION BY RAIL: RETROSPECTIVE ANALYSIS, COMPARISON, TRENDS

276

*The analysis of data referring to the period of more than a century and a half allows to reveal not only tendencies but also some regularities and to assess then possible future development trends.*





# The 150<sup>th</sup> Anniversary of Academician Vladimir Nikolaevich Obraztsov (biography and bibliography)



Ekaterina B. KULIKOVA

***Ekaterina B. Kulikova***

*Russian University of Transport, Moscow, Russia.  
✉ iuit\_kulikova@inbox.ru.*

## ABSTRACT

The cities of Moscow, Chelyabinsk, Irkutsk, Rtyshchev have streets named after Obraztsov. Many are sure that these streets got their name in honour of the great puppeteer Sergey Obraztsov. But in fact, it was not the wonderful actor who was immortalised in the toponymy of Russian cities, but his father, Academician Vladimir Nikolaevich Obraztsov, an outstanding scientist in the field of transport, who proudly called himself a «Rtyshchev railwayman».

The former Bakhrushin street in Moscow, where the Obraztsov family lived, still bears the name of the railway academician. It is impossible to imagine modern Moscow without this surname. Obraztsov Street still leads to knowledge, to introduction of new technologies in construction of railways and, ultimately, to progress. It is no coincidence that Russian University of Transport (MIIT), which has traditionally developed exemplary traditions laid by Obraztsov, has its campus located on Obraztsov Street.

Academician Obraztsov had an amazing gift – he knew how to talk simply about complex things – therefore he was considered a wonderful teacher, a favourite of students, and his scientific works have not yet lost their relevance.

The main scientific works of Vladimir Nikolaevich are devoted to railways, their history, their present and future. Obraztsov understood that over time the role of transport would only grow, and proposed solutions, considering the inevitable changes. The life of Professor Obraztsov is inextricably linked to his students, his ideas, his business trips...

He knew the railway very well and loved it. And he believed that it was train lines that would help Russia become an advanced country.

The article provides a bibliographic list of V. N. Obraztsov's works and a list of the largest projects he implemented.

**Keywords:** V. N. Obraztsov, railways, history of transport.

---

*For citation:* Kulikova, E. B. The 150<sup>th</sup> Anniversary of Academician Vladimir Nikolaevich Obraztsov (biography and bibliography). *World of Transport and Transportation*, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 252–264. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-14>.

***The original text of the article in Russian is published in the first part of the issue.***

***Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.***

**T**he 150<sup>th</sup> anniversary of academician Vladimir Obraztsov will be celebrated in summer 2024. Vladimir Nikolaevich Obraztsov was born on June 18, 1874, graduated from classical gymnasium in the city of Nikolaev in 1892 with a gold medal, then entered the Imperial St. Petersburg Institute of Transport.

At the institute, Vladimir Nikolaevich studied civil engineering in depth; during practical training, he travelled a lot along the railways, spending the night at stations and passing loops, and walked about 150 km with a level.

As a third-year student, he independently developed a design for a dam and spillway for water supply to Kazanka railway station, located near the city of Nikolaev. The project included a large pond of 40 hectares, and professional calculations of the possible influx of water, losses from absorption into the ground and from evaporation etc. This project was distinguished by an original solution and impeccable engineering calculations and therefore was implemented, and the student author was awarded a cash prize of 50 rubles by the institute.

Still as a student, Obraztsov led the research and construction of access railway tracks to industrial enterprises, or, as they said then, «railway branches».

After graduating from the institute in 1897, the young engineer served military service (mandatory after study) in the corps of engineers as a so-called conductor (the lowest technical position of a draughtsman).

The short military service ended, and the young engineer faced the question of further job. His close fellow students A. Alekseev and G. Perederiy left for Moscow. Vladimir Obraztsov also decided to go there.

Vladimir Nikolaevich worked on the survey and construction works of Moscow-Vindavskaya Railway line, then as an engineer at the track service department on Nikolaevskaya Railway, then as an engineer at the technical department on Moscow-Kurskaya and afterward on Moscow – Yaroslavl – Arkhangelsk railways.

The management of Moscow – Yaroslavl – Arkhangelsk Railway assigned engineer V. N. Obraztsov in 1901 a mission to develop a project for rearrangement of Ivanovo rail station. Since at that time there was not only a theory of station design, but also no technical literature on this issue, the young engineer had to work on this project for almost a year and a half. The project was developed in great detail, approved without any changes and was highly appreciated by the Engineering Council. This project was the first to be carried out on a scientific basis, and therefore it brought Vladimir Nikolaevich the well-deserved fame of «a pioneer in the design of stations».

The project was published in the journal «Inzheenernoe delo» [Engineering, further called Engineering journal] (No. 2, 1902), because it was the first project to develop and formulate the basic scientific principles of designing railway stations, which served as the initial guidelines for drawing up large projects of railway stations in the country.

The publication of the project resulted in invitation to work as a part-time assistant of the famous scientist Professor K. Yu. Tseglinsky, head of the Department of Railways at the Imperial Moscow Engineering School (IMIU).

This early period of the young scientist's scientific activity includes his fundamental work «Geometric elements for calculating turnouts when designing stations,» which was published in the Engineering journal (No. 1 and No. 2 in 1904). This work became the basis for laying a scientific approach to design calculations of railway stations and their most important elements.

Following the first scientific works, other works on stations' development were accepted for publication. The work «On the issue of designing stations and their calculations» (Engineering journal, No. 1, 1905) became especially famous. It evoked much positive feedback in the media, including by Professor A. N. Frolov, a famous scientist and authority among railway employees, who wrote «We welcome this new attempt to shed light of analysis on the hitherto dark side of engineering creativity».

In 1906, a new article published in the Proceedings of the 14<sup>th</sup> Congress of Railway Track Services was devoted to the issue of station design. These early scientific works of the young scientist became widespread among the engineering and technical community, became the main guide for engineers in the design of stations and junctions, and brought their author wide fame. He began to be invited as a consultant on station design by many railways in the country.

During this period, interest was also aroused by the article «The profitability of the railway and its graphical representation depending on tariff rates» (Scientific works of IMIU, issue 1, 1907).

V. N. Obraztsov was one of the first researchers and engineers to assess the importance of the turnover of a goods (cargo) wagon. In 1909, he published his work «Theoretical Research on the Turnover of Cars» (Izvestia of Moscow Engineering School, 1909), which examined the issues of determining the required size of the working fleet of cargo wagons for a given volume of transportation. The study was carried out considering the influence of speed, uneven traffic, specialisation of wagons, issues of regulation of empty car flows and other indicators.



In his further works, Vladimir N. Obraztsov uses the indicator of accelerating movement of wagons as the basis for research and technical measures for development of stations and junctions. These ideas of Vladimir N. Obraztsov are valid even now, when our scientists and railway employees are striving to speed up the turnover of wagons.

The outbreak of the First World War showed that Russia's railway network in the main strategic directions was underdeveloped, and railway stations and junctions did not have the necessary capacity. During this period, Vladimir N. Obraztsov developed several large projects for railway stations on the main routes of the network. As a direct participant, leader and consultant of complex design work in the field of stations and junctions Vladimir N. Obraztsov developed scientific principles for development of railway stations and junctions and implemented them in specific projects. Among the most significant, it is necessary to note the projects of Perovo-Sortirovochnaya and Nikitovka stations (1914–1915), Vyazma station (1915–1916), the Smolensk and Smolensk-Sortirovochny stations (1915–1917), the second stage of Ivanovo station, stations of Arkhangelsk line in connection with rearrangement of Vologda–Uroch section to broad gauge (1916), stations in Moscow–Baranovichi direction and others. It should be noted that in the developed projects, the issues of capacity of stations and directions of the Russian railway network were solved in a completely new way.

The well-deserved authority of engineer V. N. Obraztsov allowed him to take the post of chairman of the railways department in Moscow Military-Industrial Committee, and in 1917, the position of comrade (deputy) chairman of the Organising Committee for the convening of the 4<sup>th</sup> All-Russian Congress on Technical and Craft Education.

After his trip to the front in 1917, his new scientific works appeared: «On the issue of transportation routes for the front», «On organisation of lead transports», «Reconstruction of destroyed bridges» and others.

These articles were devoted to current issues of organising transportation under war conditions, and they also described new types of plank road construction for swampy areas.

After the end of the First World War and the Civil War, it was extremely necessary to quickly restore the destroyed economy and, first, the railways. Vladimir N. Obraztsov got involved in this interesting and creative work.

Soon after the revolution, V. N. Obraztsov was elected to the Committee from the workers and

employees of Aleksandrovskaya (now Belarusian) railway.

The lack of fuel was at that time one of the most pressing problems for the railways. On the initiative of V. N. Obraztsov, the Committee began organising independent fuel procurement, and for this purpose the Durovskaya railway line was built, intended for provisions with firewood and peat. Its organisation and the measures taken on the initiative of V. N. Obraztsov saved the situation, and even in that difficult time, Aleksandrovskaya railway never suspended train traffic.

In 1918–1923, Vladimir N. Obraztsov and his students drew up projects for several large railway junctions in Zaporozhye, Nizhny Novgorod, Ryazan, Smolensk, Syzran and others.

The results of this enormous work were published by V. N. Obraztsov in 1925 in the Proceedings of the 21<sup>st</sup> Advisory Congress of Representatives of the USSR Railway Operation Services in the form of an exceptionally informative work «Projects and ideas for development of Russian stations during the World War and Civil War».

The depth of the ideas presented in this work, their scientific validity and practical significance have remained valid to this day. Until now, this work is among the main tools for designing stations and junctions.

In those years, consolidation of railway junctions with a change in the principles of their management and organisation, followed in some cases by their redesign, was of great importance for the country's economy. This great work was led and ideologically directed by V. N. Obraztsov, who was a member of the Special Commission for Consolidation of Junctions under the Main Inspectorate of the People's Commissariat of Railways (NKPS) and a member of the Reconstruction Committee at the NKPS. The commission also included leading experts E. A. Gibshman, S. V. Zemblinov, M. V. Senkovsky et al.

In 1922, Vladimir N. Obraztsov developed once again a project for integrating Smolensk junction, which became a model for designers of other railway junctions. In the same year, V. N. Obraztsov prepared the work «Project for distribution of junctions on the Russian railway network and the sorting operations of junctions, in order to reduce shunting work and downtime of wagons», which was published in the journal «Tekhnika i ekonomika putei soobshcheniya» [Technology and economics of railway transportation] (No. 12, 1922).

By the mid-20s of the last century, sufficient experience had been accumulated in redesigning

stations and junctions during their reconstruction and consolidation. The development of technical design specifications, calculation methods and design of stations and junctions, as well as individual elements of complex station facilities, was headed by V. N. Obraztsov, who received the academic title of Professor in 1919.

In 1924, Professor V. N. Obraztsov was appointed head of the department of stations and junctions, a new one at Moscow Institute of Transport Engineers (MIIT Institute) and the first one in the country. Due to the unfavourable situation of station facilities, the curriculum was changed and the time allocated for studying the discipline of stations and junctions increased. A lot of organisational work to create a completely new department could not tear him away from scientific and project activity.

In 1922–1929, the consolidation of almost all major junctions of the country, lead by Professor Obraztsov, made it possible to significantly improve the work of the railways. This period saw published major scientific works by Vladimir N. Obraztsov, devoted to various issues of stations and junctions:

- «Stations and their attributes» (Proceedings of MIIT, 1922);
- «Encyclopaedia of Transportation Routes» (Gosizdat, 1925);
- «Tunnel overpasses in design of junctions and stations» (Proceedings of MIIT, 1926);
- «Technique for designing junctions» (Proceedings of MIIT, 1927);
- «Standard V–III class station with gradual development» (Proceedings of MIIT, 1927);
- «On the issue of traction calculations for marshalling humps» (Proceedings of MIIT, 1928);
- «Basic data for design of railway stations» (Gosizdat, 1929). This classic work has long been a reference book for design engineers and practitioners. All these works, like many others, served as the basis for creation of the textbook «Stations and Junctions» for teaching students.

V. N. Obraztsov, using his experience as a design engineer, developed the theory and practice of designing marshalling humps. In 1928, he published a work that is still relevant today: «On the issue of traction calculations for marshalling humps». It summarises and develops various methods for calculating the conditions for rolling sets of wagons off humps. Vladimir N. Obraztsov obtained and presented a rigorous solution to the differential equation for motion of a set of wagons along a track with a variable slope under the influence of wind force and the main resistance to movement. In this and other scientific works, he clearly substantiated the requirements for marshalling humps. For example,

the provision that the height and the slope of the hump should be such that wagons with higher resistance in difficult conditions could roll to a certain point.

This provision has become basic for all marshalling hump designers and is included in all regulatory documents on station design.

Vladimir Nikolaevich worked especially hard on the problem of developing transport in the city of Moscow and within Moscow transport hub.

The Council for the Project of New Moscow organised in 1921 based its work on the project of redevelopment and future development of Moscow by Academician A. V. Shchusev. Simultaneously, development of the Moscow hub project started in a special Commission chaired by engineer L. N. Bernadsky. At this time there was no longer any doubt that the capital was becoming and would quickly become one of the world's largest centres.

V. N. Obraztsov was assigned to lead the development of a project for reconstruction of Moscow hub and the integration of several land plots divided by railways by connecting them with overpasses. The project included creation of a port on the Moscow River, a few railway diameter lines and much more.

Back in 1920, Vladimir Nikolaevich scientifically substantiated the entry of cargo trains into the central districts of Moscow in his work «On bringing cargo trains deeper inside Moscow»<sup>1</sup> (Bulletin of NKPS, 1920). In 1925, he published the work: «Redevelopment of Moscow junction of Moscow – Kazan Railway» («Zheleznodorozhnoe Delo» [Rail Business] journal, 1925, No. 12), and in 1926, the article «Moscow junction and the main ideas of its reconstruction» (Proceedings of the 22<sup>nd</sup> Consultative Congress of Representatives of the USSR Railway Operation Services, 1926). All these works were devoted to reconstruction of transportation and planning of Moscow. Considering Obraztsov's proposals, work was carried out at Moscow junction to reconstruct connecting tracks, build new sheds at many stations of the junction, and to additionally lay second, third and fourth tracks at the most important sections. These and other proposals made it possible to eliminate the movement of freight trains along the old connecting tracks and transfer cargo traffic to the Moscow Rail Circle Railway.

In 1927, V. N. Obraztsov was sent to China to work on development of the Harbin transport junction on

<sup>1</sup> Obraztsov introduced into scientific use a short expression that can be conditionally translated as «deep extension» or «deep entrance». Further in the article these expressions are used in the sense of expanding underground or ground railways and bringing passenger or cargo trains deeper inside the city and integrating them into urban transport system. – *Translator's note*.



the Chinese Eastern Railway (CER). The Harbin hub, located on the banks of the Songhua River, was a bottleneck and required reconstruction considering the use of water transportation along the river. Professor V. N. Obraztsov successfully completed this difficult task, for which he received gratitude and a bonus from the leadership of the CER.

In 1930, an interesting article by Obraztsov «On the issue of deep extension and the metro» («Kommunalnoe khozyaistvo» [Public Utilities] journal) was published that argued for a comprehensive solution to the problem of the metro and suburban railways entering deeper inside the city. In 1931, Vladimir Nikolaevich published several articles in the «Kommunalnoe khozyaistvo» journal on this important issue: «On the entering of suburban electric railways deeper into the city», «Deep extension», «The urgent question of the connection of the metro and trams with electric suburban transport» and others. V. N. Obraztsov considered the possibility of metro trains using railway tracks. This required determining the transit and carrying capacity of diameter railways, selecting the necessary dimensions of electric rolling stock designed to operate underground and on ground suburban lines. This would provide direct access for suburban trains to any destination point within the city.

In 1927–1930, Professor V. N. Obraztsov was a member of the Engineering Council of Dneprostroy, the largest construction site in the country at that time. This responsibility allowed him to test his scientific ideas on the transport provision of the Dnieper Hydroelectric Power Station and the city of Zaporozhye.

In response to the Government decree of April 30, 1931, on the prompt construction of the Chelyabinsk railway junction, Vladimir Nikolaevich developed and implemented a project for its renovation.

In 1932–1933, Vladimir Nikolaevich organised two teams of students, Ph.D. students and lecturers of MIIT Institute. One team was put under his scientific leadership, and the second – under the leadership of his first disciple, Professor S. V. Zemblinov. According to the instructions of the NKPS, it was necessary to inspect 35 largest stations and junctions. Teams went out and inspected the site, planned activity and drew up projects for the redesign of the largest stations and junctions. As a result of this extensive work, projects were drawn up for the rearrangement of junctions in Moscow, Leningrad, Donbass, Kuzbass, as well as of Perm, Yaroslavl stations and a few others.

In 1933, Vladimir Nikolaevich completed the major work «Railway Junctions» (Transzheldorizdat publishing house); the scientific developments

contained here-in formed the basis for a whole series of textbooks on stations and junctions.

The ability to think broadly, to see the essence of the questions posed and the ability to quickly understand the very essence of the problems are qualities characteristic of V. N. Obraztsov's scientific works devoted to a variety of transport problems and his practical activity. Therefore, as a general specialist, he was attracted to the most relevant and responsible work. Here is a far from complete list of his responsibilities in engineering, scientific, research and social activities:

- consultant to the railway construction department (1919–1921);
- member of the Commission for Consolidation of Junctions under the Main Inspectorate of NKPS (1923–1924);
- member of the Reconstruction Committee (NKPS) (1919–1933);
- member of the Engineering Council of Dneprostroy (1927–1930);
- consultant to Giprogor [Research Institute for Urban Planning] (1932–1934);
- member of Scientific Engineering Council at the Ministry of Railways (from 1935 until the end of his life);
- member of Moscow Metro expert team, etc.

As a consultant to Giprogor, V. N. Obraztsov was directly involved in development of issues related to functioning of transport during planning and reconstruction of many cities, namely of Moscow, Stalingrad, Magnitogorsk, Baku, Rostov-on-Don, areas of the Southern Coast of Crimea, Mineralnye Vody, the Black Sea coast of the Caucasus, etc. In his further works, he developed his idea of «deep extension» and criticised the opinions of some experts regarding removal of railways from the city. Here is a list of just some of these works: «Railway in the city», «Transport and city planning», «Off-street intersections in city planning», etc. It should be noted that these works are still of current importance today and are in demand by the contemporaries.

He was one of those who organised and created the Scientific Research Institute of Industrial Transport (VNIIPT) and then served as a scientific consultant. Projects of the largest metallurgy giants – Magnitogorsk, Zaporozhye and Kuznetsk plants, Uralelectromash, etc. – passed through his hands.

Taking part in planning the development of areas of the Black Sea coast of the Caucasus and Crimea, Vladimir Nikolaevich raised with the Government of the country the issue of building passenger aerial cableways in the country. He proved the feasibility of using such cableways back in 1910 in his published work «Mountain Roads in Switzerland».

Such aerial cableways on Mount Elbrus, Ai-Petri and Mashuk were subsequently built and are successfully operated today. The funicular project for a sanatorium in Sochi (also the first in the country) was also carried out under the leadership of V. N. Obraztsov, and he personally took part in its pre-launch tests. It was at that time that he wrote works on industrial transport: «Special roads», «Land roads with continuous traction», «Single-rail railways», «Theoretical elements of aerial cableways», «Resort roads of a special type», etc.

In 1935, for great scientific and engineering merits in development of transport, V. N. Obraztsov was awarded the title «Honoured Scientist of the RSFSR», he was also attributed academic degree of D.Sc. (Eng).

In the same year, V. N. Obraztsov became a member of the Scientific and Engineering Council of the NKPS and the head of the Scientific Research Institute of Railway Transport (NIIZHT). In this responsible position (from 1935 to 1940), Vladimir N. Obraztsov carried out a great deal of scientific and organisational work. The institute was organised on the basis of the previously existing institutes of traction, operation, wagons, communications, electrification and metals. The new head began work by restructuring all scientific work in transport industry. Under his leadership, the institute quickly became a leading scientific centre, carrying out extensive research on numerous transportation issues. During this period, new methods for producing traction calculations were developed at the institute, the designs of steam locomotives and wagons, automatic couplers, and automatic brakes were designed, and the problem of heating a steam locomotive, which was very important at that time, was successfully resolved. Under the leadership of V. N. Obraztsov, a new type of switch turnout was also developed, which enabled the use of a steeper grade of cross (1/6 instead of 1/9) while maintaining the radius of the curve. This made it possible not only to reduce the length of the switch zone, but also to significantly reduce the cost of constructing marshalling humps.

In 1938, V. N. Obraztsov developed a scientific topic in the field of transport and proposed it to the USSR Academy of Sciences, where it was successfully accepted. Soon the Presidium of the Academy decided to organise a Section for scientific development of transport problems within the system of Academy of Sciences. Professor V. N. Obraztsov was appointed head, who held this post until the end of his days.

Subsequently, the section was transformed into the Institute of Complex Transport Problems under the USSR State Planning Committee, which was

engaged in development of complex issues of transport development.

The outstanding merits of V. N. Obraztsov as a leading scientist, a remarkable populariser of science, a talented lecturer, an innovative engineer, a public figure and a patriot of his Motherland served as the basis for his election in January 1939 as a full member of the USSR Academy of Sciences.

Vladimir Nikolaevich, with his characteristic temperament and passion, developed ideas for integrated development of all modes of transport throughout his life.

In 1940, he published in *Izvestia* of the Academy of Sciences of the USSR (No. 10) the work «Basic principles for constructing the transport network of the USSR», in which he outlined the scientific foundations for harmonious development of all types of transport. In this significant work, Vladimir Nikolaevich gave a comprehensive analysis of the prospects for development of the railway network of the Soviet Union and other countries and made a conclusion unexpected for that time: «there is no need for us to catch up with the United States in terms of the length of the railway network», because the traffic intensity of US railways is 2,8 times less than on domestic railways.

The creative thought of the scientist Vladimir Nikolaevich Obraztsov, who wanted to see his country even more powerful in terms of transport, haunted him, as a result of which he published the articles «Perspective Issues of Transport» («Planovoe khozyaistvo» [Planned Economy] journal, 1940, No. 5), «On the Basic Principles of Building the Transport Network of the USSR» («Stroitelstvo dorog» [Road Construction] journal, 1940, No. 11), «Mainlines of the USSR» («Tekhnika Molodezhi», 1940, No. 8–9).

In the pre-war year, V. N. Obraztsov, in the Section of Academy of Sciences he led, solved scientific problems aimed at strengthening the country's defence capability. These included high-speed construction of railways and highways («Vestnik AN SSSR», 1940, No. 7). Two all-Union meetings were held on this problem. The «bottleneck» in the country at that time was the weak cement industry, and Vladimir N. Obraztsov wrote a relevant article «Prospects for development of the cement industry» («Planovoe khozyaistvo», 1940, No. 10).

Fuel economy in railway transport was of extremely great national economic importance for the Soviet Union («Vestnik AN SSSR», 1940, No. 1), and Vladimir Nikolaevich raised the question of ways to reduce fuel consumption and the transition to new types of future locomotives (article «Parameters of Operation of the Future Locomotive» in the



«Ekspluatatsiya zheleznykh dorog» [Railways Operations] journal, 1941, No. 1).

At this time, V. N. Obraztsov wrote articles «On Dissemination of Engineering Knowledge in the USSR» («Sovetskaya nauka» [Soviet Science], 1940, No. 1), «Science and Railway Transport» («Sovetskaya nauka», 1940 No. 10), «Inventors and Railway Transport» («Stakhanovets», 1940, No. 10), «On the Issue of the Transport Problem of the City of Moscow» («Arkhitektura SSSR» [Architecture of the USSR], 1940, No. 2).

The World of Transport and Transportation Journal (2021, Iss. 3) published an article by Mikhail and Larisa Roshchovsky titled «Post-war Projects of Academician V. N. Obraztsov for Development of Transport in the European North of the USSR», dedicated to Obraztsov's projects, in which he laid the foundations for long-term planning of railway, road, river and air transport in the European North of the USSR for several decades to come. These works, as always, amaze with the far-reaching prospects for development of the territory of the European North and the Arctic. V. N. Obraztsov's programs for development of the North, being of great scientific value, have not yet been implemented, and are especially relevant in 21<sup>st</sup> century.

Even from the very short list of pre-war works by V. N. Obraztsov, quoted in the article, makes visible the multifaceted activity of the scientist.

Preserving the scientific legacy of Academician V. N. Obraztsov, the second part of the article is dedicated to the bibliography of his works.

## BIBLIOGRAPHY OF V. N. OBRAZTSOV<sup>2</sup>

1902

1. Reconstruction of Ivanovo station [Pereustroistvo stantsii Ivanovo]. [Project approved by the Engineering Council on 11.V.1901]. *Inzhenernoe delo*, 1902, Iss. 3, 59 p<sup>3</sup>.

1904

2. Geometric elements for calculating sets of turnouts and switches when designing stations [Geometricheskie elementy dlya rascheta strelchonykh ulits i perevodov pri proektirovani stantsii]. *Inzhenernoe delo*, 1904, Iss. 1, pp. 147–179; Iss. 2, pp. 142–171.

1905

3. On the issue of designing stations and their calculation [K voprosu o proektirovani stantsii i ikh raschete]. *Inzhenernoe delo*, 1905, Iss. 1, pp. 102–157.

4. On the issue of revision of the rules on buildings, warehouses, excavations and plantings near the railway line [K peresmotru pravil o postroikakh, skladakh, raskopkakh i rassadkakh v blizi linii zh.d.]. *Inzhenernoe delo*, 1905, Iss. 4, pp. 80–90.

5. On the issue of performance of construction and track works on state railways [K voprosu o proizvodstve

<sup>2</sup> Based on the information collected. – *Author's note*.

<sup>3</sup> In a journal publication, bibliographic descriptions are given in an abridged form, in particular without indicating and listing the drawings, diagrams, and illustrations included in the publication. – *Ed. note*.

stroitelnykh i putevkh rabot na kazennykh zheleznykh dorogakh]. *Inzhenernoe delo*, 1905, Iss. 5–6, pp. 25–62.

1907

6. On the issue of designing stations and their calculation [K voprosu o proektirovani stantsii i ikh raschete]. *In: Minutes of meetings and conferences. Proceedings of the 24<sup>th</sup> Congress of Engineers of the Russian Railways Track Service of 1906. Moscow, S. P. Yakovlev Printing Company, 1907, pp. 201–237.*

7. On the issue of performance of construction and track works on state railways [K voprosu o proizvodstve stroitelnykh i putevkh rabot na kazennykh zheleznykh dorogakh]. *In: Minutes of meetings and conferences. Proceedings of the 24<sup>th</sup> Congress of Engineers of the Russian Railways Track Service of 1906. Moscow, S. P. Yakovlev Printing Company, 1907, pp. 239–262.*

8. Profitability of the railway and its graphic representation depending on tariff rates [Dokhodnost zheleznoi dorogi i ee graficheskoe izobrazhenie v zavisimosti ot tarifnykh stavok]. *News of Moscow Engineering School, Part 2, Scient. works, 1907, Iss. 1, pp. 103–118.*

1908

9. Glushitskaya narrow-gauge branch [Glushitskaya uzkokoleinaya vetr]. *In: Minutes of meetings and conferences. Proceedings of the 25<sup>th</sup> Congress of Engineers of the Track Service of Russian Railways of 1907. Moscow, 1908, dep. IX, pp. 79–95.*

1909

10. Theoretical studies on turnover of wagons [Teoreticheskie issledovaniya po oborotu vagonov]. *News of Moscow Engineering School, Part 2, Scient. works, 1909, Iss. 3, pp. 21–64.*

1910

11. Mountain roads in Switzerland [Gornie dorogi Shveitsarii]. *News of Moscow Engineering School, Part 2, Scient. works, 1910, Iss. 4, pp. 3–90.*

12. Architectural department of the technical school in Biel [Arkhitekturnoe otdelenie tekhnika v Bile]. *Notes of Moscow branch of the Russian Technical Society, 1910, Iss. 1, pp. 1–15.*

1911

13. Bruxelles Nord Station and its operation [Stantsiya Bruxelles Nord i ee rabota]. *News of Moscow Engineering School, Part 2, Scient. works, 1911, Iss. 5, pp. 1–12.*

1913

14. Axonometry. Course of the Construction and Technical School of the Moscow Association of Engineers and Professors [Aksonometriya. Kurs Stroitelno-tehnicheskogo uchilishcha Moskovskogo tovarishchestva inzhenerov i pedagogov]. Moscow, 1913, 65 p. [Glass-glazed ed.].

15. Mass railway and water transport [Massoviy transport zheleznodorozhni i vodnyi]. *Notes of Moscow branch of the Russian Technical Society, 1913, Vol. 36, Iss. 6, pp. 153–171; Iss. 7, pp. 181–205.*

1914

16. Perspective theory [Teoriya perspektivy]. Moscow, 1914, 28 p. [Glass-glazed ed. of Construction and Technical School of the Moscow Engineers and Professors Association].

1915

17. Industrial schools [Promyshlennie uchilishcha]. *Vest. inzh.*, 1915, Iss. 23, pp. 1–14.

18. On the issue of narrow gauge [K voprosu ob uzkoi kolei]. *Izvestiya Sobraniya inzhenerov putei soobshcheniya*, 1915, Iss. 12, pp. 253–256.

1916

19. Economic access roads [Ekonomicheskie podezdnye puti]. Moscow, printing house of Ryabushinsky, 1916, 85 p. [Together with Yu. V. Engelhardt].

20. Crossings and field bridges. Issue 1 [Perepravy i polevie mosty. Vyp. 1]. Moscow, All-Russian Union of Zemstvos and Cities, 1916.

21. On the issue of transportation routes for the front [*K voprosu o putyakh soobshcheniya dlya fronta*]. Moscow, printing house of Ryabushinsky, 1916, 18 p. (Moscow Military-Industrial Committee, № 6).
22. Report on organization of Military Road Courses at the Secondary Construction and Technical School of Moscow Engineers and Professors [*Otchet ob organizatsii Voenno-dorozhnykh kursov pri sredнем Stroitelno-tehnicheskem uchilishche moskovskikh inzhenerov i pedagogov. Professionalnoe obrazovanie*, 1916, Iss. 4, pp. 93–100].
23. Principles of the Russian railway network [*Printsipy russkoi zhelezodorozhnoi seti*]. *Proizvodit. sily Rossii*, 1916, Iss. 1, pp. 32–35.
24. Report of engineer V. N. Obraztsov [*Doklad inzh. V. N. Obraztsova*]. In: Conference on railway construction for the five-year period 1917–1922, convened in Moscow on 15–16/X 1916 by the Moscow Regional Military-Industrial Committee. Moscow, printing house of the Ryabushinsky, 1916, pp. 21–30. [Separate publication of the Moscow Military-Industrial Committee, No. 10]. Concluding remarks. *Ibid*, pp. 46–48.
25. On organisation of lead transports [*Ob organizatsii golovnykh transportov*]. *News of Moscow Military-Industrial Committee*, 1916, Iss. 31–32, pp. 29–30.
- 1917**
26. Reconstruction of destroyed bridges [*Vosstanovlenie razrushenykh mostov*]. Moscow, Moscow Committee for Military-Technical Assistance, 1917, 138 p. [Together with N. M. Mitropolsky].
27. Crossings and field bridges [*Perepravy i polevie mosty*]. Iss. 1, 2<sup>nd</sup> ed. Moscow, 1917, 46. (Moscow Regional Military Industrial Committee, Front Line Detachment, No. 4).
28. Improving roads for the front and organising lead transports [*Uluchshenie dorog dlya fronta i organizatsiya golovnykh transportov*]: In: On the issue of improving roads at the front. Moscow: printing house of Ryabushinsky, 1917, pp. 3–19. (Moscow regional military-industrial committee, detachment of the front line, No. 12).
29. On demobilisation and the immediate tasks of the Military-Industrial Committee in the field of transport [*O demobilizatsii i blizhaiishikh zadachakh Voenno-promyshlennogo komiteta*]. *News of the Moscow Military-Industrial Committee*, 1917, Iss. 48–49, pp. 7–9.
30. Program of Military Road Courses MKVT at the Secondary Polytechnical School of Moscow Engineers and Professors [*Programma Voenno-dorozhnykh kursov MKVT pri Sredнем politekh. uchilishche mosk. inzh. i pedagogov*]. (All-Russian Committee of Military Engineering Assistance, Engineering and Construction Section, No. 7).
- 1918**
31. Construction conditions for the present moment [*Usloviya stroitelstva dlya nastoyashchego momenta*]. *Vest. inzh.*, 1918, Vol. 4, Iss. 13–14, pp. 123–125.
32. Transport and vocational education [*Transport i professionalnoe obrazovanie*]. *Znanie sila*, 1918, Iss. 1, pp. 16–19.
33. Vocational education [*Professionalnoe obrazovanie*]. *Znanie sila*, 1918, Iss. 2–3, pp. 95–107.
34. On demobilisation and the immediate tasks of the Military-Industrial Committee [*O demobilizatsii i blizhaiishikh zadachakh Voenno-promyshlennogo komiteta*]. *News of the Moscow Military-Industrial Committee*, 1918, Iss. 50, pp. 4–5.
35. On the transition to a four-year course and the gradual transformation of existing secondary technical schools in connection with the draft law on vocational education [*O perekhode na chetyrekhletniy kurs i o postepennom preobrazovanii sushchestvuyushchikh srednikh tekhnicheskikh uchilishch v svyazi s zakonoproektom o professionalnom obrazovanii*]. *Professionalnoe obrazovanie*, 1918, Iss. 1, pp. 1–3.
36. On development of organisational skills [*O razvitiu organizatorskikh sposobnostei*]. *Yunoe tvortchestvo*, 1918, Iss. 2, pp. 7–8.
- 1919**
37. Lecture notes on descriptive geometry [*Konspekt lektsii po nachertatelnoi geometrii*]. Moscow, Polytechnic Institute, 1919, 45 p.
38. Access roads [*Podezdnye puti*]. *Transport i zhizn*, 1919, Iss. 1, pp. 4–6.
39. On the issue of the northern concession and tariff reform [*K voprosu o severnoi kontsessii i tarifnaya reforma*]. *Transport i zhizn*, 1919, Iss. 12, P. 12.
- 1920**
40. Crossings and field bridges [*Perepravy i polevie mosty*]. Vol. 1. 3<sup>rd</sup> ed. Moscow, Main Administration of Military Educational Institutions of the RSFSR, 1920, 46 p.
41. Transport of Moscow Industrial Region. Methods for reduction of costs and improvement [*Transport Moskovskogo promyshlennogo raiona. Metody ego udeshevleniya i uluchsheniya*]. Moscow, NKPS publ., 1920, 23 p.
42. Programs for teaching geometry and drawing in schools for adults. Report and explanatory note [*Programmy prepodavaniya geometrii i chercheniya v shkolakh dlya vzroslykh. Doklad i obyasnitelnaya zapiska*] In: Program of the literacy commissions of the National Communist Party of the Russian Federation. Nizhny Novgorod, pub. Nizhgorod. gubernia department of people's educ., 1920, 15 p.
43. Report on fuel routes. Conference at the Department of New Lines and Access Roads of the Technical Directorate of the People's Commissariat of Railways. January 16, 1920 [*Doklad o toplivnykh putyakh. Soveshchyanie pri Otd. Novykh lini i podezdnykh putei Tekh.upr. NKPS. 16 yanv. 1920*]. Moscow, Tekh. Upr. NKPS, 1920. [Glass-glazed ed.].
44. On vocational and technical education in Soviet Russia [*O professionalno-tehnicheskem obrazovanii v Sovetskoi Rossii*]. Moscow, Gosizdat publ., 1920, 8 p.
45. On bringing cargo trains deeper inside Moscow [*O glubokom vvode tovarynh poezdov v Moskву*]. *Bull. NKPS*, 1920, Iss. 68, p. 1.
- 1921**
46. Mechanisation of transport and cargo operations in the current conditions [*Mekhanizatsiya transporta i gruzovyykh operatsii v usloviyakh nastoyashchego momenta*]. In: Initiative conference on scientific organization of labor in production. Collection of abstracts for reports of representatives to the conference on scientific organisation of labour. Moscow, NKPS publ., 1921, pp. 68–72.
47. Transport compaction as one of the methods of road Taylorisation [*Uplotlenie transporta kak odin iz metodov teilarizatsii dorog*]. In: Initiative conference on scientific organization of labor in production. Collection of abstracts for reports of representatives to the conference on scientific organization of labour. Moscow, NKPS publ., 1921, pp. 23–29.
48. On making curricula and programs for workers' faculties [*O postroenii uchebnykh planov i program dlya rabochikh fakultetov*]. *Vest. rab. fakt-ov*, 1921, Iss. 2–6, pp. 4–68.
49. Programs of workers' faculties, Issue 1. Program in mechanics for builders [*Programmy rabochikh fakultetov. Vyp. 1. Programma po mehanike dlya stroitelei*]. Moscow, Gosizdat publ., 1921, pp. 62–69.
- 1922**
50. Stations and their attributes [*Stantsii i ikh prinadlezhnosti*]. Moscow, MIIT publ., 1922, 76 p. (NKPS. Central courses for advanced training of senior command personnel of the USSR railway transport). [Glass-glazed ed.].
51. Axonometry. Lectures given to the 1<sup>st</sup> year students of the Civil Engineering Faculty [*Axonometriya*].



52. Drawing [Cherchenie]. In: Curricula and programs of workers' faculties, issue 4. Technical literacy program. Moscow, NKP, Department of Workers' Faculties, 1922, pp. 4–16.

53. Shadow Theory. Lectures given to the 1<sup>st</sup> year students of the Civil Engineering Faculty [Teoriya tenei. Lektsii, chitannie na 1 kurse Inzhenerno-stroitel'nogo fakulteta]. Moscow, MIIT publ., 1922, 51p.

54. Transport. Moscow, TsNTKP, 1922, 40 p. (Central Scientific and Technical Club of Trade Unions. Systematic programs of lectures on individual branches of knowledge and production, with appendix of indexes of recommended literature, No. 3).

55. Project for distribution of junctions on the Russian railway network and the sorting operations of junctions, in order to reduce shunting work and downtime of wagons [Proekt raspredeleniya uzlov na russkoi zh.d. seti i sortirovochnoi raboty uzlov s tselyu sokrashcheniya manevrovoi raboty i prostoia vagonov]. *Tekhnika i ekonomika of PS [Rolling stock]*, 1922, Iss. 12, pp. 445–466.

56. Workers' faculties and their educational and organisational development [Rabochie fakultety i ikh uchebno-organizatsionnoe razvitiye]. *Znanya rabfakovtsa*, 1923, Iss. 4–5, pp. 43–58.

57. The language of numbers [Yazyk tsifr]. *Ibid*, pp. 58–59.

58. Technical excursions [Tekhnicheskie ekskursii]. *Ibid*, pp. 147–152.

59. Division of roads into categories [Delenie dorog na kategorii]. *Tekhnika i ekonomika PS [Rolling stock]*, 1922, Iss. 19–20, pp. 251–253.

60. Different types of roads, their disadvantages, advantages and principles of the road network in Russia [Razlichnie tipy dorog, ikh nedostatki, dostoinstva i printsipy dorozhnoi seti v Rossii]. *Ibid*, pp. 262–272.

61. Goals and objectives of the conference on educational and program issues of workers' faculties [Tseli i zadachi konferentsii po uchebno-programmnym voprosam rabfakov]. *Znanya rabfakovtsa*, 1922, Iss. 1, pp. 21–22.

62. History of the development of the workers' faculty named after comrade Kalinin [Mezhevoy] [Istoriya razvitiya rabochego fakulteta im. T. Kalinina [Mezhevogo]]. *Ibid*, P. 39.

63. Main issues and tasks of the conference on educational and program issues [Osnovnie voprosy i zadachi konferentsii po uchebno-programmnym voprosam]. *Znanya rabfakovtsa*, 1922, Iss. 3, pp. 37–42.

64. Work of the conference on educational and program issues [Rabota konferentsii po uchebno-programmnym voprosam]. *Ibid*, pp. 43–67.

65. On the issue of evening workers' faculties [Po voprosu o vechernikh rabfakakh]. *Znanya rabfakovtsa*, 1922, Iss. 6, pp. 29–31.

66. Three years of workers' faculties and the immediate tasks of the Kalinin workers' faculty [Trekhetie rabochikh fakultetov i blizhaishie zadachi Kalininskogo rabfaka]. In: «Jubilee journal of the Kalinin workers' faculty». September 26, 1922. Moscow, Publ. Works of the Kalinin Faculty, 1922. [Glass-glazed ed.].

### 1923

67. The Second All-Russian Congress of Workers' Faculties [Vtoroi Vserossiiskiy sezd rabfakov]. *Znanya rabfakovtsa*, 1923, Iss. 3–5, pp. 18–38.

68. Continuous Transport [Nepreryvnii transport]. *Znanya rabfakovtsa*, 1923, Iss. 6–7, pp. 84–87.

69. On formulation of a course in organisation of labour and production [O postanovke kursa organizatsii truda i proizvodstva]. *Znanya rabfakovtsa*, 1923, Iss. 8–9, pp. 31–40.

70. Some results of creation of workers' faculties [Nekotorie itogi stroitelstva rabfakov] [Together with V. V. Zavadie]. *Ibid*, pp. 14–24.

71. Water giants [Vodnie giganty]. *Ibid*, pp. 131–134.

### 1924

72. Transport. Programs of popular lectures on transport [Transport. Programmy populyarnykh lektssi po transportu]. 2<sup>nd</sup> ed. Moscow, NKPS publ., Transpechat publ., 1924, 85 p.

73. Experience of reorganisation of educational [task] setting at Moscow Institute of Engineers of Railway Transport [Opyt reorganizatsii uchebnoi postanovki v Moskovskom institute inzh. PS]. In: Materials on the reform of higher education. Issue 1. Moscow, Gosizdat publ., 1924, pp. 3–25.

74. Experience of a new teaching method at Moscow Mining Academy [Opyt novogo metoda prepodavaniya v Moskovskoi gornoi akademii]. *Ibid*, pp. 26–31.

75. Local transport in development of the country's productive forces [Mestnyi transport v razvitii proizvoditelnykh sil strany]. In: Local transport in the national economy of the USSR. Collection of articles. Issue 1. Moscow, Motor publ., 1924, pp. 5–9.

76. On the academic performance of former workers' faculty students at the university [Ob uspevayosti byvshikh rabfakovtsev]. People's Commissariat of Education, 1924, Iss. 6–7, p. 4.

77. What type of engineer do we need [Kakoi tip inzhenera nam nuzhen]. *Kr. molodezh*, 1924, September, pp. 98–102.

### 1925

78. Encyclopaedia of Transportation Routes. Introductory Course [Entsiklopedia putei soobshcheniya. Vodnyi kurs]. Moscow-Leningrad, Gosizdat publ., 1925, 240 p.

79. Twelve Excursions to the Railway. [A Manual for Conducting Excursions by Students] [12 ekskursii na zheleznyu dorogu [Posobie dlya provedeniya ekskursii uchashchimisya]. MCU for education on transport, 1925, 110 p.

80. Graphic Literacy. Drawing [Graficheskaya gramotnost. Cherchenie]. Moscow, Gosizdat publ., 1925, 84 p. [Together with V. V. Zhuravlev].

81. Methods of Educational Work [Metodika uchebnoi dela]. In: Bulletin of the Board of MIIT, Moscow, tip. Rab. gaz., 1925, 32 p.

82. Projects and ideas for development of Russian stations during the World and civil wars [Proekty i idei razvitiya russkikh stantsii v period mirovoi i grazhdanskoi voin] / In: Proceedings of the 21<sup>st</sup> Advisory Congress of Representatives of the USSR Railway Operations Services. Moscow, 1925, pp. 584–600.

83. Rearrangement of the Moscow Junction of Moscow – Kazan Railway [Pereustroistvo Moskovskogo uza Moskovsko-Kazanskoi zh.-d.]. Zheleznodorozhnoe delo, 1925, Iss. 12, pp. 23–41.

84. Some issues of railway transport of the Central Industrial Region [Nekotorie voprosy zheleznodorozhnogo transporta CPO]. In: Productive forces of the Central Industrial Region. Moscow, Gosplan publ., 1925, 3<sup>rd</sup> section, pp. 273–285. (Proceedings of Gosplan, Book 5).

85. Report on the activities of the Planning Commission and its immediate tasks [Doklad o deyatelnosti Planovoi komissii i ee blizhaishikh zadachakh]. In: Second Inter-Union Intra-Institute Conference of Proletarian Students of MIIT, May 20–23, 1925. Moscow, MIIT publ., 1925, pp. 35–38.

86. General overview of projects. [Projects awarded at the Central Transport Promotion Competition] [Obshchiy obzor proektov. /Proekty, premirovannie na konkurse Tsutransprosa]. Prosveshchenie na transporte, 1925, Iss. 5–6, pp. 65–70.

87. On the main achievements in the field of teaching methods in universities [Ob osnovnykh dostizheniyakh v

*oblasti metodiki prepodavaniya v vuzakh]. Bulletin of the scientific and technical section of GUS, 1925, Iss. 7, pp. 7–9.*

88. Workers' faculties and their educational and organisational development [Rabochie fakultety i ikh uchebno-organizatsionnoe razvitiye]. *Znamyia rabfakovtsa*, 1925, Iss. 4–5, p. 15.

### 1926

89. The task setting and methodology of teaching at the Moscow Institute of Transport Engineers [Postanova i metodika prepodavaniya v Moskovskom institute inzhenerov transporta]. Moscow, MIIT publ., 1926, 30 p.

90. The Moscow junction and the main ideas for its reconstruction [Moskovskiy uzel i osnovnie idei ego pereustroistva]. In: Proceedings of the 22<sup>nd</sup> Advisory Congress of Representatives of the USSR Railway Operation Services. Oryol, Paris Commune print., 1926, pp. 1–65.

91. Economics of local transport and pioneer construction [Ekonomika mestnogo transporta i pionernogo stroitelstva]. *Tr. MIIT*, 1926, Iss. 1, pp. 8–31.

92. Overpass tunnels in design of junctions and stations [Tonnelle puteprovody pri proektirovani uzelov i stantsii]. *Tr. MIIT*, 1926, Iss. 2, pp. 143–157.

93. An essay on development of Russian stations in the period 1837–1925 [Ocherk razvitiya russkikh stantsii za period 1837–1925]. *Vest. PS* [Rolling stock], 1926, Iss. 15, pp. 10–12.

94. On the issue of reconstruction of Yekaterinoslav junction [K voprosu o pereustroistve Ekaterinoslavskogo uzla]. *Zhelezodorozhnoe delo*, 1926, Iss. 8, pp. 7–9.

95. Single railway economy in theory and practice [Ob'edinennoe zhelezodorozhnoe khozyaistvo v teorii i na praktike]. *Vestnik puti*, 1926, Iss. 75, p. 2.

### 1927

96. Technique of junction design [Tekhnika proektirovaniya uzelov]. *Tr. MIIT*, 1927, Iss. 5, pp. 7–36.

97. Standard station of class V–III with gradual development [Tipovaya stantsiya V–III klassa s postepennym razvitiem]. *Ibid*, pp. 63–92.

98. Translation of the work: Ganfshengel, G. Transport arrangement for bulk cargo [Transportnoe ustroistvo dlya massovykh gruzov]. Moscow, Gosizdat publ., 1927, 319 p. [Together with D. V. Shumsky and O. N. Savvina].

### 1928

99. Stations and their attributes. (15 lectures) [Stantsii i ikh prinadlezhnosti (15 lektsii)]. Moscow, MIIT, Publ. of the Central Courses for Advanced Training of Senior Command Personnel of USSR Railway Transport, 1928, 72 p.

100. On the issue of traction calculations for marshalling humps [K voprosu o tyagovykh raschetakh sortirovочных gorok]. *Tr. MIIT*, 1928, Iss. 9, pp. 129–152.

101. Winter transport and its possible prospects [Zimniy transport i ego vozmozhnie perspektivy]. *Stroitel'naya promyshlennost*, 1928, Iss. 4, pp. 265–268.

102. On the issue of mass transportation from Donbass [K voprosu o massovom transporte iz Donbassa]. *Zhelezodorozhnoe delo*, 1928, Iss. 10, pp. 12–14.

### 1929

103. Main data for design of railway stations [Osnovnie dannie dlya proektirovaniya zh.-d. stantsii]. Moscow, Gosizdat publ., 1929, 344 p.

104. Approximate indicative price list for construction of large marshalling yards [Primernaya orientirovchnaya rastsenochnaya vedomost na sooruzhenie sortirovочных stantsii]. Moscow, 1929, 14 p. [Together with M. I. Shlygin]. [Glass-glazed ed.].

105. Mountain railways [Zheleznie dorogi gornie]. In: *Transport Encyclopaedia*, 1929, Vol. 7, pp. 670–683.

106. Single-rail railways [Zheleznie dorogi odnorelsovye]. *Ibid*, pp. 683–684.

107. Report of Prof. Obraztsov from behalf of the Commission on textbooks at the Scientific and Technical Section of the State University of Agriculture [Doklad prof. Obraztsova ot Komissii po uchebnikam pri Nauchno-tehnicheskoi sektsii GUSa]. In: Students and books. (Materials of the meeting of students, professors and publishers. July 25, 1928). Moscow-Leningrad, Gosizdat publ., 1929, pp. 10–17.

### 1930

108. Design and calculation of the marshalling hump and marshalling yard head part [Proektirovaniye i raschet sortirovочных golovy sortirovochnykh parkov]. Moscow, MIIT publ., 1930, 36 p.

109. On the issue of deep extension in the metro [K voprosu o glubokikh vvodakh v metropolitene]. *Kommunalnoe khozyaistvo*, 1930, Iss. 6, pp. 44–48.

110. Notes on organisation of public services and social amenities in the city of Moscow [Zameki po blagoustroistvu goroda Moskvy]. *Kommunalnoe khozyaistvo*, 1930, Iss. 11–12, pp. 70–74.

### 1931

111. The wind rose and its influence on the sorting of wagons [Roza vetrov i ee vliyanie na sortirovku vagonov]. Moscow, MIIT publ., 1931, 38 p.

112. On deep extension of electric railways into the city [O glubokom vvede v gorod elektricheskikh zheleznykh dorog]. *Kommunalnoe khozyaistvo*, 1931, Iss. 13–14, pp. 42–43.

113. Deep extension [On the issue of the metro in Moscow] [Glubokiy vvod. [K voprosu o metropolitene v Moskve]. *Kommunalnoe khozyaistvo*, 1931, Iss. 19–20, pp. 7–17.

114. Urgent issue. On the connection of the metro and trams with electric suburban transport [Neotlozhnyi vopros. O svyazi metropolitena i tramvayev s elektricheskim prigorodnym transportom]. *Ibid*, pp. 17–20.

### 1932

115. Special Roads. Issue 2. Ground Cableways with Oscillating Motion (Reversible) [Spetsial'nie dorogi. Vyp. 2. Nazemnye kanatnye dorogi s kolebatel'nym dvizheniem (reversivnie)]. Moscow, OGIZ, Gostransizdat publ., 1932, 88 p. [Together with E. A. Ratner].

116. Railway in the City [Zheleznyaya doroga v gorode]. Moscow–Leningrad, OGIZ, Gostransizdat publ., 1932, 48 p. (Tr. MIIT, issue 30).

117. Calculation schedule for plotting a catenary of suspension of cable [Raschetnyi grafik dlya postroeniya tsepnov linii provesa gibkoi niti]. Moscow, Standardisation and Rationalisation, 1932, 9 p.

118. Railways. Technology [Zheleznye dorogi. Tekhnika]. Great Soviet Encyclopaedia, 1932, Vol. 24, Columns 711–745.

119. Comments on the main issues of the Expert Commission on the Metro [Otzovy po osnovnym voprosam Ekspertnoi komissii po metropolitenu]. In: Moscow Metro. Moscow, Publishing House of the Metrostroy Administration, 1932, pp. 166–174.

120. Dissenting opinion on the issue of clearance for the metro [Osoboe mnenie po voprosu o gabarite dlya metropolitena]. *Ibid*, pp. 174–175.

121. Deep extension in Moscow in connection with the metro [Glubokiy vvod v Moskve v svyazi s metropolitenom]. COPEHA, 1932, Iss. 5, pp. 100–109.

122. On the history of the emergence of combined transportation using containers [K istorii vozniknoveniya kombinirovannym perevozok pri pomoshchi konteinerov]. In: Containers. Collection of articles. Leningrad–Moscow, Standardisation and rationalisation publ., 1932, pp. 47–61.

123. Deep extension will relieve Moscow street traffic [Glubokiy vvod razgruzit ulichnoe dvizhenie Moskvy]. *V boi za tekhniku*, 1932, Iss. 3, pp. 15–17.





## 1933

124. Railway junctions. Transit junctions and their design techniques [Zheleznodorozhnie uzly i tekhnika ikh proektirovaniya]. Moscow–Leningrad, NKPS publ., Transzheldorizdat publ., 1933, 131 p.

125. Industrial internship program «Design of stations and junctions» for students of the operations' specialty [Programma proizvodstvennoi praktiki «Proektirovaniye stantsii i uzlov» dlya studentov ekspluatatsionnoi spetsialnosti]. Moscow, NKPS publ., 1933. [Glass-glazed ed.].

126. Wagon backing on hump tracks [Osazhivanie vagonov na podgorochnykh putyakh]. Ekspluatatsiya zh.d., 1933, Iss. 5–6, pp. 16–19.

127. Transport in city planning [Transport v planirovke goroda]. Planirovka i stroitelstvo goroda, 1933, Iss. 2, pp. 9–13.

128. Transport and planning [Transport i planirovka]. Za sotsialisticheskuyu rekonstruktsiyu gorodov, 1933, Iss. 6, pp. 21–23.

129. Intracity transport and city planning [Vnutrigorodskoi transport i planirovka goroda]. In: First All-Union Conference on Planning and Construction of Cities. Moscow, Vlast Sovetov, 1933, pp. 12–16.

130. All means to enliven lectures [Vse sredstva za ozhivlenie lektsii]. Za promyshlennie kadry, 1933, Iss. 1, pp. 44–46.

131. What kind of lecture does the Soviet higher education need [Kakaya lektsiya nuzhna vyshei sovetskoi shkole]. Front nauki i tekhniki, 1933, Iss. 1, pp. 56–57.

## 1934

132. Surface roads with continuous traction. Special roads [Nazemnie dorogi s nepreryvnou tyagoi. Spetsialnie dorogi]. Moscow–Leningrad, ONTI, Gosstroyizdat publ., 1934, 97 p. [Together with E. A. Ratner].

133. Program for the course «Stations and junctions» for the operations' specialty [Programma po kursu «Stantsii i uzly» dlya ekspluatatsionnoi spetsialnosti]. Moscow, Transzheldorizdat publ., 1934, 18 p.

134. Program for the course of road, water and local rail transport for the operations' specialty [Programma po kursu avtodorozhnogo, vodnogo i mestnogo zheleznodorozhnogo transporta dlya ekspluatatsionnoi spetsialnosti]. Moscow, Transzheldorizdat publ., 1934, 4 p.

135. Railway transport and city planning [Zheleznodorozhnyi transport i planirovka goroda]. In: Planning and social reconstruction of cities. Iss. 1. Moscow, 1934, pp. 118–163.

136. Off-street intersections in city planning [Vneulichnie perekrecheniya v planirovke gorodov]. Architecture of the USSR, 1934, Iss. 11, pp. 38–41.

137. Industrial and technical sciences [Industrialno-tehnicheskie nauki]. (Moscow Institute of Transport Engineers). Front nauki i tekhniki, 1934, Iss. 1, pp. 95–96.

138. On the issue of transferring the Academy of Sciences [K voprosu o perevode Akademii nauk]. Front nauki i tekhniki, 1934, Iss. 5–6, p. 152.

139. Scientific and industrial excursions [Nauchno-proizvodstvennie ekskursii]. Front nauki i tekhniki, 1934, Iss. 10–11, pp. 51–54.

140. In memory of Prof. E. A. Gibshman [Pamyati prof. E. A. Gibshmana]. Ekspluatatsiya zheleznykh dorog, 1934, Iss. 4, p. 31.

141. Translation of the work: Ganfhtengel, G. Mechanisation of bulk cargo transport. Vol. I. Transporters and conveyors. 2<sup>nd</sup> ed. [Mekhanizatsiya transporta massovyykh gruzov. T. 1. Transportery i konveiery. 2-e izd.]. Moscow–Leningrad, ONTI NKTP, 1934, 296 p. [Together with D. V. Shumsky and O. N. Savvina].

## 1935

142. Stations and Junctions. Part 1. Small and Section Stations [Stantsii i uzly. Ch. 1. Malie i uchastkovye stantsii]. Moscow, Transzheldorizdat publ., 1935, 316 p. [Together with V. D. Nikitin and S. P. Buzanov].

143. Methodology for the Course «Stations and Junctions» [Metodika kursa «Stantsii i uzly»]. In: Experience in Compiling Particular Methods by Departments of Core Colleges of Railway Transport. Leningrad, LIIZhT publ., 1935, pp. 95–119.

144. Special-purpose resort roads [Kurortnie dorogi spetsialnogo tipa]. Planirovka i stroitelstvo gorodov, 1935, Iss. 7, pp. 36–40.

145. A teacher needs relationship with the industry [Pedagogu neobkhodima svyaz s protzvodstvom]. Podgotovka kadrov zh.-d.transporta, 1935, Iss. 10, pp. 18–21.

146. Resort and mountain roads [Kurortno-gornie dorogi]. V boi za tekhniku, 1935, Iss. 3, pp. 10–11.

147. The Road to Elbrus [Doroga na Elbrus]. V boi za tekhniku, 1935, Iss. 12, pp. 22–23.

148. Independent work plus daily control [Samostoyatelnaya rabota plus povsednevnii kontrol]. Podgotovka kadrov zh.-d.transporta, 1935, Iss. 1, pp. 9–10.

149. Transport. In the book: Socialist reconstruction of the Southern coast of Crimea. Simferopol, State Publishing House of the Crimean ASSR, 1935, pp. 329–346.

150. A sustainable work plan – that's what you need now [Ustoichiviy rabochiy plan – vot chto vam nuzhno seichas]. Podgotovka kadrov zh.-d.transporta, 1935, Iss. 4–5, pp. 53–54.

## 1936

151. Preliminary conclusions on design of [marshalling] humps [Predvaritelnie vyvody po proektirovaniyu [sortirovochnykh] gorok]. Zheleznodorozhnaya tekhnika, 1936, Iss. 1, pp. 17–26.

152. Wind rose and its application to hump design [Roza vetrov i ee primenie k proektirovaniyu gorok]. In: Proc. of the 1<sup>st</sup> scientific and technical conference of MIIT departments. Moscow, MIIT publ., 1936, pp. 38–44.

153. Design of humps on railway transport [Proektirovaniye gorok na zheleznodorozhnom transporte]. Front nauki i tekhniki, 1936, Iss. 6, pp. 61–63.

154. On the design of descents and ascents in cities and resorts [O proektirovaniyi spuskov i podemov v gorodakh i kurortakh]. Architecture of the USSR, 1936, Iss. 2, pp. 52–54.

155. Transport in the planning of a residential neighbourhood [Transport v planirovke zhilogo kvartala]. Architecture of the USSR, 1936, Iss. 11, pp. 56–59.

156. Railway museums abroad [Zheleznodorozhnie muzei za granitsei]. V boi za tekhniku, 1936, Iss. 9, p. 20.

157. To daily study Stakhanovite practices [Povednevno izuchat stakhanovskuyu praktiku]. Stakhanovets, 1936, Iss. 3–4, p. 11.

## 1937

158. Issues of railway transport in the third five-year plan [Voprosy zheleznodorozhnogo transporta v tretem pyatiletii]. Planovoe khozyaistvo, 1937, Iss. 5–6, pp. 55–63. [Together with S. V. Zemblinov].

159. Development of the USSR railways in the third five-year plan [Razvitiye zheleznykh dorog SSSR v tretei pyatiletke]. V boi za tekhniku, 1937, Iss. 6, pp. 7–10. [Together with S. V. Zemblinov].

160. Railway transport during 20 years of Soviet power [Zheleznodorozhniy transport za 20 let sovetskoi vlasti]. V boi za tekhniku, 1937, Iss. 11, pp. 8–12.

161. Transport scientific work [Nauchnaya rabota na transporte]. Front nauki i tekhniki, 1937, Iss. 12, pp. 96–102.

162. Forty years in railway transport [Sorok let na zheleznodorozhnom transporte]. Zheleznodorozhnaya tekhnika, 1937, Iss. 7, pp. 69–70.

163. Remembering and comparing [Vspominaya i sravnivaya]. Sovetskoe studentchestvo, 1937, Iss. 9, pp. 16–17.

164. A lesson in simplicity and accuracy [Urok prostoty i tochnosti]. Krokodil, 1937, Iss. 29–30, p. 22. [Meeting with M. I. Kalinin].

### 1938

165. Stations and Junctions. Part 2 [Stantsii i uzly. Ch.2]. Moscow, Transzheldorizdat publ., 1938, 492 p.

166. Explanatory note to the book: «Stations and Junctions», ed. of 1935. [Obyasnitelnaya zapiska k kn.: «Stantsii i uzly», izd. 1935]. Moscow, 1938. [Together with other authors]. [Glass-glazed ed.].

167. USSR – a great railway power [SSSR – velikaya zheleznodorozhnaya derzhava]. Moscow, 1938, 8 p. (Microphone materials of the All-Union Radio Committee, No. 107).

168. Tasks and prospects of research work on railway transport [Zadachi i perspektivy nauchno-issledovatel'skoi raboty na zh.-d. transporte]. Sotsialisticheskiy transport, 1938, Iss.6, pp. 30–44.

169. Young scientists of railway transport [Molodie uchenie zheleznodorozhnogo transporta]. Sotsialisticheskiy transport, 1938, Iss. 10, pp. 5–12.

170. Science and transport [Nauka i transport]. V boi za tekhniku, 1938, Iss. 7, pp. 4–8.

171. Advanced science and socialist transport [Peredovaya nauka I sotsialisticheskiy transport]. Stakhanovets, 1938, Iss. 7, pp. 52–55.

172. Off-street overpasses and street bridges [Vneulichnie estakady i ulichnie mosty]. Architecture of the USSR, 1938, Iss. 5, pp. 29–31.

173. The most important task of the intelligentsia is to master bolshevism [Vazhneishaya zadacha intelligentsii – ovladet bolshevizmom]. Partiiniy rabotnik zh.-d. transporta, 1938, Iss. 11, pp. 12–15.

174. Be proud of the high title of citizen of the USSR [Gordites vysokim zvaniem grazhdanina SSSR]. Sovetskoe studencheskoe, 1938, Iss. 8, p. 13.

175. Editor: General Course of Railways. Vol. 1. Moscow: Transzheldorizdat publ., 1938, 88 p. [Together with G. K. Kovalkov].

176. Ed.: Ditto, Vol. 2, 436 p.

177. Ed.: Ditto, Vol. 3, 392 p.

### 1939

178. Railways of the USSR [Zheleznie dorogi SSSR]. Moscow, Publishing House of Literature in Foreign Languages, 1939, 32 p.

179. Socialist transport and its prospects [Sotsialisticheskiy transport i ego perspektivy]. Bulletin of the USSR Academy of Sciences, 1939, Iss. 11–12, pp. 237–249.

180. Railway transport in the third five-year plan [Zheleznodorozhniy transport v tretei pyatiletke]. V boi za tekhniku, 1939, pp. 11–14.

181. Non-stop crossing of trains [Bezostanovochnoe skreshchenie poezdov]. Sotsialisticheskiy transport, 1939, Iss. 12, pp. 34–38.

182. The USSR is a Great Railway Power [SSSR – velikaya zheleznodorozhnaya derzhava]. In: Stories about the Great Congress. Moscow, Publishing house of children's literature, 1939, Iss. 12, p. 32.

183. Transport. Tekhnika molodezhi, 1939, Iss. 12, p. 32.

184. Reconstruction of motor roads [Rekonstruktsiya avtomobilnykh dorog]. V boi za tekhniku, 1939, Iss. 9, pp. 17–20.

185. For realisable fantasies [Za osushchestvimie fantazii]. Pioneer, 1939, Iss. 11, pp. 120–121.

186. Road to Pamir [Doroga na Pamir]. Vokrug Svetu, 1939, Iss. 3, pp. 11–12.

187. Editor: Technical operation of the USSR railways [Tekhnicheskaya ekspluatatsiya zheleznykh dorog SSSR].

Moscow, Transzheldorizdat publ., 1939, 38 p. [Together with V. V. Isaev].

### 1940

188. Tasks and prospects of research work in railway transport [Zadachi i perspektivy nauchno-issledovatel'skoi raboty na zheleznodorozhnom transporte]. In: Proceedings of the 1<sup>st</sup> Scientific and Technical Conference of MIIZhT. Moscow, Transzheldorizdat publ., 1940, pp. 5–21.

189. Basic principles of building of the USSR transport network [Osnovnie printsipy postroeniya transportnoi seti SSSR]. Bulletin of the USSR Academy of Sciences, OTN, 1940, Iss.10, pp. 17–29.

190. Conference on high-speed construction of railways and highways [Soveshchanie po skorostnomu stroitelstvu zheleznykh i avtomobilnykh dorog]. Bulletin of the USSR Academy of Sciences, 1940, Iss. 6, pp. 82–90.

191. Conference on fuel economy in railway transport [Soveshchanie po ekonomii topliva na zheleznodorozhnom transporte]. Bulletin of the USSR Academy of Sciences, 1940, Iss. 7, pp. 48–57.

192. Prospective issues of transport [Perspektivnie voprosy transporta]. Planovoe khozyaistvo, 1940, Iss. 5, pp. 70–73.

193. Prospects for development of the cement industry [Perspektivny razvitiya tsementnoi promyshlennosti]. Planovoe khozyaistvo, 1940, Iss. 10, pp. 44–49. [Together with A. S. Kudryavtsev].

194. Work of stations under war conditions [Rabota stantsii v voennyykh usloviyakh]. Sotsialisticheskiy transport, 1940, Iss. 6–9, pp. 63–77.

195. About American stations [Ob amerikanskikh stantsiyakh]. Sotsialisticheskiy transport, 1940, Iss. 11, pp. 38–40.

196. On the main principles of construction of the USSR transport network [Ob osnovnykh printsipakh postroeniya transportnoi seti SSSR]. Stroitelstvo dorog, 1940, Iss. 11, pp. 6–8.

197. On dissemination of technical knowledge in the USSR [O rasprostraneni tekhnicheskikh znanii v SSSR]. Sovetskaya nauka, 1940, Iss. 1, pp. 147–149.

198. Science and railway transport [Nauka i zheleznodorozhniy transport]. Sovetskaya nauka, 1940, Iss. 10, pp. 37–47.

199. On the issue of the transport problem of the city of Moscow [K voprosu o transportnoi problem goroda Moskvy]. Architecture of the USSR, 1940, Iss. 2, pp. 62–65.

200. USSR mainlines [Magistrali SSSR]. Tekhnika molodezhi, 1940, Iss.8–9, pp. 15–16.

201. Inventors and railway transport [Izobretateli i zheleznodorozhniy transport]. Stakhanovets, 1940, Iss. 10, pp. 19–20.

### 1941

202. Simplification of construction methods and cargo operations [Uproshchenie metodov stroitelstva i gruzovikh operatsii]. Zheleznodorozhniy transport, 1941, Iss. 7–8, pp. 30–38.

203. Parameters of operation of the future locomotive [Ekspluatatsionnie parametry budushchego lokomotiva]. Ekspluatatsiya zheleznykh dorog, 1941, Iss. 1, pp. 5–12.

204. On Moscow urban transport [O gorodskom transporte Moskvy]. Kommunalnoe stroitelstvo, 1941, Iss. 2, pp. 19–21. [Together with F. I. Shaulsky].

### 1942

205. Some issues of reconstruction and operation of railways [Nekotorye voprosy vosstanovleniya i ekspluatatsii zheleznykh dorog]. Zheleznodorozhniy transport, 1942, Iss. 1, pp. 46–57.

206. Regulation of traffic [of railway trains] during traffic jams [Regulirovaniye dvizheniya zh.-d. poezdov] pri zatorakh]. Zheleznodorozhniy transport, 1942, Iss. 6, pp. 23–29.



207. Methods of eliminating the consequences of interruptions and delays in train traffic [Metody likvidatsii posledstvii pereryvov i zaderzhek dvizheniya poezdov]. *Tekhnika zheleznykh dorog*, 1942, Iss. 3–4, pp. 5–7.

208. Some issues of technical development of railways [Nekotorie voprosy tekhnicheskogo razvitiya zheleznykh dorog]. *Zhelezodorozhniy transport*, 1942, Iss. 12, pp. 42–48.

### 1943

209. Railway transport during the Great Patriotic War [Zhelezodorozhniy transport v dni Velikoi Otechestvennoi voiny]. Moscow, Profizdat publ., 1943, 64 p.

210. Strengthening the transit and carrying capacity of single-track lines [Usilenie propusknoi i provoznoi sposobnosti odnoprutnykh liniy]. *Zhelezodorozhniy transport*, 1943, Iss. 3–4, pp. 62–68.

211. Science and railway transport during the war [Nauka i zhelezodorozhniy transport vo vremya voiny]. *Nauka i zhizn*, 1943, Iss. 11–12, pp. 27–30.

212. Transport of the Urals [Transport Urala]. *Bulletin of the USSR Academy of Sciences*, 1943, Iss. 4–5, pp. 52–57.

213. Scientific and technical propaganda of the USSR Academy of Sciences in the Urals [Nauchno-tehnicheskaya propaganda Akademii nauk SSSR na Urale]. *Bulletin of the USSR Academy of Sciences*, 1943, Iss. 6, pp. 99–102.

214. Some issues of reconstruction and further development of transport [Nekotorie voprosy vosstanovleniya i dalneishego razvitiya transporta]. *Bulletin of the USSR Academy of Sciences*, 1943, Iss. 8, pp. 3–13.

215. Railway transport during the Patriotic War [Zhelezodorozhniy transport v Otechestvennoi voine]. *Agitation and propaganda of the Red Army*, 1943, Iss. 23, pp. 10–14.

216. Wooden overpasses for unloading coal [Derevyanie estakady dlya vygruzki uglya]. *Tekhnika zheleznykh dorog*, 1943, pp. 3–5.

## THE LARGEST PROJECTS OF V. N. OBRAZTSOV FROM 1914 TO 1936

1914–1915: Project of Perovo-Sortirovochnaya marshalling yard of Moscow – Kazan railway.

1914–1915: Project of a standard station and development of all stations on Aleksandrovsk – Dzhankoy section of the Southern railway according to this standard in connection with construction of the second track on this section.

1914–1915: Project of Nikitovka station of the Southern railway.

1915–1916: Project of complete and partial development of Smolensk and Smolensk-Sortirovochnaya stations (Smolensk junction).

1915–1916: Ditto, Vyazma station.

1915–1916: Redesign and development of stations on Moscow – Baranovichi line in connection with the needs of military operations (offensive and retreat).

1915–1916: Project of Arkhangelsk line stations in connection with rearrangement (1915–1916) of Vologda – Uroch section to a broad gauge.

1915–1916: Project of Vologda station in connection with the above rearrangement.

1915–1916: Design of several small stations (up to 30) on the Northern Railway.

1916: Project for reconstruction and further development of Moscow – Mytishchi section stations.

1916: Project for reconstruction of the Ivanovo station (second stage).

1916–1917: Project for Novosokolniki station of Moscow – Vindavo – Rybinsk railway.

1916–1924: Project for development of Odintsovo country houses' station and several suburban country houses' areas on Moscow – Mozhaisk section.

1917–1924: Project for complete and partial development of Moscow-Aleksandrovskaya station.

1920: Project for Zaporozhye junction (jointly with I. I. Kostin).

1920–1922: Project for Nizhny Novgorod junction.

1922: Project for consolidation of Selensky junction.

1923: Project for one-way traffic on single tracks at Moscow station of Aleksandrovskaya railway (jointly with S. V. Zemblinov).

1923: Project for consolidation of Syzran junction (jointly with S. V. Zemblinov).

1923: Project for consolidation of Ryazan junction (jointly with M. F. Gunger).

1923: Project for reconstruction of Moscow junction (Moscow – Kazan railway) in terms of goods transportation (jointly with Konkov).

1928–1929: Project for reconstruction of Kochetovka station.

1929: Project for reconstruction of Saratov junction.

1929: Project for the network of urban roads in the city of Bolshoe Zaporozhye (jointly with Zaorsky and Kostin).

1931: Project for deep extension in Moscow (team research work at the Research Institute of MIIT).

1931–1933: Project for Saratov junction.

1935. Transport / In the book: Socialist reconstruction of the Southern coast of Crimea. – Simferopol: State Publishing House Crimea. ASSR, 1935, pp. 329–346.

1936: Consultations on the project for reconstruction of transport in the region and resorts of the Caucasian Mineral Waters, developed by Bordukov (Architectural Workshop No. 2, Prof. V. N. Semenov).

## REFERENCES

1. Shaulsky, B. F., Osminin, A. T. V. N. Obraztsov – outstanding scientist, engineer and educator [In Russian]. Moscow, Railway ed. and tr. centre. 2010, 379 p. ISBN 978-5-9994-0046-8.
2. Obraztsov, V. N. What is my school and how I have come to it. Manuscript, 1934. [In Russian].
3. Zenzinov, N. A., Ryzhak, S. A. Outstanding railway engineers [In Russian]. 2<sup>nd</sup> ed., enlarged and updated. Moscow, Transport publ., 1990, 480 p.
4. MIIT at the turn of the century [In Russian]. Gen. ed. Lyovin, B. A. Moscow, MIIT publ., 2007, 639 p. ISBN 5-7876-0015-0.
5. Obrzatsov, P., Obarzatsova, E. Exceptional Obraztsov. On the master of puppet house and his family. Moscow, Lomonosov publ., 2014, 224 p. ISBN 978-5-91678-209-7.
6. Roschevskaya, L. P., Roschevsky, M. P. Post-war Projects of Academician V. N. Obraztsov for Development of Transport in the European North of the USSR. World of Transport and Transportation, 2021, Vol. 19, Iss. 3, pp. 124–132. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2021-19-3-13>.
7. The materials of the Museum of Russian University of Transport.

### Information about the author:

**Kulikova, Ekaterina B.**, Ph.D. (Eng), Associate Professor, Director of the Endowment Fund, Director of Museum of Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia, [iuit\\_kulikova@inbox.ru](mailto:iuit_kulikova@inbox.ru).

Article received 01.12.2023, approved 27.12.2023, accepted 28.12.2023.



# Academician V. N. Obraztsov in the History of Moscow Institute of Transport Engineers (dedicated to the 150<sup>th</sup> birth anniversary)



Alexander A. GORBUNOV



Alexey V. FEDYAKIN



Anastasia V. TANTSEVOVA

**Alexander A. Gorbunov<sup>1</sup>, Alexey V. Fedyakin<sup>2</sup>, Anastasia V. Tantsevova<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup> Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia.

<sup>1</sup> Russian Science Citation Index Author ID: 867337.

<sup>2</sup> ORCID 0000-0002-2387-3846; Web of Science Researcher ID: AAG-1475-2021; Scopus Author ID: 57212589179; Russian Science Citation Index Author ID: 460853.

<sup>3</sup> Russian Science Citation Index Author ID: 988147.

✉ <sup>2</sup> avf2010@yandex.ru.

## ABSTRACT

The article is dedicated to the anniversary of Academician Vladimir Nikolaevich Obraztsov, who largely contributed to organisation of domestic transport science and founded a scientific school of designing railway stations and transport junctions, and who was a leading specialist in the field of railway operation, a prominent public figure, and a Professor at MIIT. The professional and creative activity of a talented educator and scientist is closely connected to the history of

the country's largest transport university – Moscow Institute of Transport Engineers (MIIT), now Russian University of Transport. The stages of a scientist's professional path are examined using materials from the institute's newspaper «Stalinets». V. N. Obraztsov had worked at MIIT for almost 50 years, created a scientific school, trained dozens of students and was the head of the country's first department of stations and junctions.

**Keywords:** V. N. Obraztsov, Moscow Institute of Transport Engineers, workers' faculty, design of railway stations and transport junctions, Russian University of Transport.

**For citation:** Gorbunov, A. A., Fedyakin, A. V., Tantsevova, A. V. Academician V. N. Obraztsov in the History of Moscow Institute of Transport Engineers (dedicated to the 150<sup>th</sup> birth anniversary). *World of Transport and Transportation*, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 265–275. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-15>.

**The original text of the article in Russian is published in the first part of the issue.**

**Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.**

June 18, 2024, marks the 150<sup>th</sup> anniversary of the birth of Academician Vladimir Nikolaevich Obraztsov (1874–1949), one of those who largely contributed to organisation of domestic transport science, a founder of a scientific school of designing railway stations and transport junctions, a leading specialist in the field of railway operation, a prominent public figure, Professor at Moscow Institute of Transport Engineers (MIIT).

The professional and scientific activities of the talented educator and scientist are closely connected to the history of the country's largest transport university, which is MIIT University (now Russian University of Transport). V. N. Obraztsov had worked at the educational institution for almost 50 years. He began his teaching career in the pre-revolutionary period, at Imperial Moscow Engineering School (IMIU) and continued it at MIIT. Here he created a scientific school, trained dozens of students and was the head of the country's first department of stations and junctions.

A unique historical source with which it is possible to recreate individual stages of a scientist's path within the walls of MIIT is the institute's newspaper «Stalinets», published since 1924 (until 1931 – «Krasny Putets», «Student transportnik», «Dzerzhinets»)<sup>1</sup>. Its pages reflect educational, scientific and social activities of the institute. The newspaper's materials are being introduced into scientific circulation for the first time and make it possible to recreate individual pages of the life of the outstanding scientist V. N. Obraztsov, his pedagogical and scientific activities at the institute.

V. N. Obraztsov began his scientific and pedagogical activities at IMIU (since 1913 – Moscow Institute of Railway Engineers) in 1901, when, at the invitation of Professor K. Yu. Tseginsky, he became a part-time assistant lecturer at the department of railways. This was the beginning of a long creative and professional journey for an educator and a scientist. Little information has been preserved about the pre-revolutionary period of V. N. Obraztsov's pedagogical work. By the time V. N. Obraztsov joined IMIU, a qualified team of professors and teachers had already been formed there. Among them there were merited Professors F. E. Maksimenko, S. M. Solovyov and

L. D. Proskuryakov and many others, who through selfless work contributed to development of the educational institution and provided training of highly qualified railway specialists [1, P. 13]. Until 1905, IMIU had a course system, after which it was replaced by a subject system that was preserved when the school was transformed into an institute.

A significant achievement in the field of engineering sciences during the Soviet period was creation of a scientifically rationale theory for design of railway stations and junctions. In 1919, a relevant specialised department was created for the first time in the country at Moscow Institute of Railway Engineers (MIIPS). V. N. Obraztsov was elected head and Professor of the department of stations and junctions [1, P. 94]. The department immediately launched scientific work to formulate a theory and search for methods for designing stations and junctions. Later, researchers at the department also dealt with the problems of combining different modes of transport: railway, water, road, air transport [1, P. 95].

Data on wages in the first years of Soviet power have been preserved. Social security for teaching staff was not at a high level see rapidly growing prices and lack of food. Thus, on December 5, 1918, V. N. Obraztsov's official salary, as a supernumerary teacher, was of 1888 rubles 6 kopecks [2, P. 100].

In the 1920s, V. N. Obraztsov worked a lot on issues of vocational technical education. The discrepancy between the old system of teaching in higher educational institutions and the new socio-economic tasks in the country required new solutions and restructuring of the entire personnel training system. The pace of development of the country's national economy urgently required a maximum increase in the number of students and a reduction in study time to a minimum.

Professor V. N. Obraztsov organised the workers' faculty («rabfak») at MIIPS, which was opened in 1919 [3]. At the workers' faculty, disciplines focused on transport were studied; not only were young people trained for entering the institute, but also they received professional technical training, which made it possible to be employed in transport industry [4, P. 11]. The First All-Russian Methodological Conference of Workers' Faculties was held under the chairmanship of V. N. Obraztsov. He was one of developers of workers' faculties programs, which

<sup>1</sup> Today the newspaper is published under the name «Transport Engineer».

were approved at the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> congresses of workers' faculties [5].

In 1924, V. N. Obraztsov published materials in which he highlighted the experience of reorganising the educational framework at MIIPS, the experience of a new teaching method at Moscow Mining Academy. They were published in the first issue of «Materials on the Reform of Higher Education» of the scientific and engineering section of the State Academic Council of the People's Commissariat for Education [6]. In them, he reflected the discrepancy between the old system of teaching in higher educational engineering institutions of the country and the new conditions of building the Soviet state. The higher school faced the task of starting to train «...an organisational engineer on the one hand, and an engineer with a sufficiently high theoretical training in his specialty on the other» [1, P. 26]. The Professor pointed out that at MIIPS back in 1922, «on the initiative of a group of professors and the academic student section, the Board created the so-called Planning Commission for development of the curriculum and teaching methods» [6, P. 1]. He was the founder of a new teaching methodology for transport engineers. In the learning process, V. N. Obraztsov was guided by the principle of minimum costs with high quality of training, so that every cost of training would produce a productive result. He proposed considering the features of the composition of students, the level of their general educational background, and practical interests of students [7, P. 253]. V. N. Obraztsov recommended studying most subjects during practical classes with exercises. He also proposed replacing the system of classes from subject-based to course-based. The results of the commission's work were reflected in the new MIIPS curriculum and an explanatory note to it, adopted by the Faculty Council and approved by the State Academic Council of the People's Commissariat for Education as a normal curriculum [State Academic Council Bulletin No. 3, September 1923] [6, P. 4].

The year of 1924 was the beginning of a new stage in the history of the institute and the life of the scientist. In the autumn, MIIPS merged with the Higher Technical Courses of the NKPS, which led to a change in the organisational structure of the higher educational institution and its renaming to MIIT. To more successfully carry out reforms at the institute, representatives of both educational institutions were included in its

Board, and A. B. Khalatov, a member of the NKPS Board, was appointed chairman. From behalf of MIIPS, the Board of the Institute included Professors E. A. Gibshman, V. N. Obraztsov and student A. A. Zhukov, from the Higher Technical Courses – V. I. Ledovskoy, Professor V. I. Rudnev and student G. M. Borisov [4, P. 12].

After the merger, the following faculties were organised: 1) faculty of civil engineering [construction] with two departments: a) of railway construction, b) of engineering structures; 2) water faculty with two branches: a) river and b) sea branch; 3) faculty of operations; 4) faculty of traction; 5) faculty of electrical engineering [4, P. 11]. MIIT began to operate faculties that trained specialists for various sectors of the country's transport system. A specially created commission developed curricula for each specialty of the institute, and also determined the relationship between general education, general engineering and special disciplines [1, P. 30]. Particular attention was paid to projects that led to obtaining diploma and which were carried out based on the tasks of the NKPS, State Planning Committee and other government agencies. MIIT professors and teachers regularly took part in production meetings of the NKPS and gave lectures on transport and production.

Due to the scientific and organisational activities of Professor V. N. Obraztsov, Ph.D. studies were opened at MIIT giving start to training of highly qualified technical personnel. It was he who first raised the question of training Ph. D. students at a transport university at a meeting of the Provisional Board of the Scientific Research Institute, which took place at MIIT on November 12, 1925 [7, P. 259]. As a result, «the Board decided: to ask Glavnauka [science department] to assign 20 Ph.D. students to the research institute, counting 4 people per Section, i.e. per group of MIIT scientists who were specialists in certain areas of science» [7, P. 259].

In accordance with the regulations on the procedure for training scientists at universities and research institutions of the USSR People's Commissariat of Education, in the autumn of 1925, a Research Institute (RI) was created at MIIT, headed by Professor F. E. Maksimenko. According to the temporary Regulations on the MIIT RI, approved on March 5, 1926, its tasks were: «a) organising scientific and technical research in the field of transport, b) studying other





issues from a scientific point of view, if necessary, c) along with this, training of scientists for higher education institutions and transport from among those who graduated from Moscow Institute of Transport Engineers and Leningrad Institute of Transport Engineers, as well as from among persons coming from the transport industry who have demonstrated abilities for scientific activity and are taking an active part in development of transport science and technology» [4, P. 116]. The opening of Ph.D. studies at the MIIT RI brought scientific activity closer to practical work on railway topics [2, P. 107].

In 1926, 5 sections were formed within the structure of the MIIT RI: 1) of materials and structures, 2) of hydraulic engineering, 3) of track and road construction, with 5 subsections, 4) of traction, 5) of operations and economics, with 5 subsections. At the Research institute, V. N. Obraztsov worked in the Section of Operations and Economics and was involved in development of the scientific topic «Moscow junction» [4, P. 124]. Subsequently, Vladimir N. Obraztsov took a direct part in the design work on reconstruction of Moscow junction. The project was based on his idea of integrated marshalling yards. Professor V. N. Obraztsov proposed to connect the ring of the Circular Railway by diameter by deeply introducing a connecting branch going underneath the entire city [8, P. 21]. Thus, the issue of servicing Moscow railway junction was resolved.

In the 1920s, several scientific works by V. N. Obraztsov were published on the problem of development of Moscow transport junction. Among them were: «On bringing cargo trains deeper inside Moscow» (Bulletin of the NKPS, 1920); «Rearrangement of Moscow junction of Moscow – Kazan Railway» (Zheleznodorozhnoe delo, 1925, No. 12), in 1926 – «Moscow junction and the main ideas of its reconstruction» (Proceedings of the 22<sup>nd</sup> Deliberative Congress of Representatives of the USSR Railway Operation Services, 1926) and others [9, P. 10].

According to data for 1929, at MIIT V. N. Obraztsov taught the following disciplines: «Local Roads» (special subject, Faculty of Civil Engineering) [4, P. 50]; «Large stations and junctions» (special subject, Faculty of Operations); «Local roads. General course» (special subject, Faculty of Operations) [4, P. 50]. He actively worked with young researchers and developed student science. The institute's newspaper «Dzerzhinets» published in 1928

a note under the heading «About the Institute» about Obraztsov's leadership of the technical student circle at the Faculty of Operations. The newspaper reported that the dean's office «decided to organise two circles: railway one and trackless one. The following professors were appointed to the initiative bureau of the Trackless Circle: Obraztsov V. N. and Krynnin D. P.» [10].

A separate page in the history of MIIT is publication of scientific works of the institute. «Proceedings» and «Izvestia» [News] had been published since pre-revolutionary times. The results of research by the teaching staff were published on their pages. The first collection of scientific works of the university was published in September 1907 under the title «Izvestia of Imperial Moscow Engineering School». The scientific issue was published by decision of the School Council and consisted of two sections: 1) official and 2) unofficial. Starting from the first issue, V. N. Obraztsov also published his works in Izvestia. One of his first works in Izvestia was devoted to issues of transport economics [11].

The scientific collection was published until 1916, then there was a ten-year break. The publication of the edition was resumed in March 1926 under the title «Proceedings of Moscow Institute of Transport Engineers» [11]. In the preface to the first issue of Proceedings, the editorial board defined the purpose of the scientific publication: «While there is a sufficient amount of popular literature, there is a lack of a publication in which representatives of science working on transport problems could publish the results of their work. Aware of this gap, MIIT hopes to at least partially fill it by issuing periodic collections called «Proceedings of MIIT,» on the pages of which the Institute's staff will have the opportunity to publish their work» [4, P. 129]. The works of Professor V. N. Obraztsov were regularly published in the «Proceedings» of MIIT: «Overpass tunnels in design of junctions and stations», [4, P. 129] «Technique for designing stations» [12], «Standard station of V–III classes with gradual development» [13], «Railway in the city» [14], etc.

Industrialisation and rapid development of industry in the country in the late 1920s – 1930s put on the agenda the problem of industrial transport and its design in connection with the technological process of enterprises. The issues of choosing the most rational mode of transport «to save public funds» were considered especially deeply [5]. During this period, V. N. Obraztsov

carried out active practical work, advised several large industrial transport projects: Magnitogorsk plant, Dneprostroy, Kuznetsk plant, Balkhash, Dzhezkazgan plants, etc. V. N. Obraztsov did a lot for development of transport, city planning and design of metro in Moscow. He dealt with reconstruction of the Southern Coast of Crimea and reconstruction of transport at the resorts of the Caucasian Mineral Waters [5]. The scientific knowledge and practical experience of V. N. Obraztsov were highly valued at the NKPS. Thus, L. M. Kaganovich more than once invited him to conduct scientific examination. When discussing the work of railway transport in the Central Committee of the All-Union Communist Party of Bolsheviks, V. N. Obraztsov was invited to a meeting where the question was raised «about the need to unite all transport research institutes in order to ensure comprehensiveness of the solution of scientific problems, turning the institutes into a true centre of advanced scientific thought of railwaymen» [8, P. 23].

In the 1930s, MIIT was the largest transport higher educational institution, the scientific and technical support of the NKPS and the entire transport industry of the country. The institute's newspaper «Stalinets» wrote about the great scientific potential of the institute and its capabilities for helping transport. Thus, in the newspaper materials for 1934 it was noted that more than 600 professors and teachers work at MIIT, among them «such large forces as Prof. Mityushin (track), Prof. Zemblinov and Prof. Obraztsov (operations), Prof. Oppenheim, Prof. Gibshman and others. With such large forces and with a team of students of 4000 people MIIT can and should provide great power to transport. A number of professors at MIIT have already taken the path of concrete assistance to transport. For example, the department of Prof. Obraztsov is working on the problem of reconstructing Tula junction» [16].

In the early 1930s, several major tasks for reconstruction of socialist transport were solved by the Scientific Research Sector (SRS) of MIIT, which became the scientific centre of the institute. It was headed by Professor V. N. Obraztsov. The high achievements of scientists working in the sector were discussed in the article «From the SRS report» in the newspaper «Stalinets» for 1932 [17]. In particular, about the work of the department, also headed by V. N. Obraztsov, it was noted: «...The department «Stations and hubs», with active

participation of the most prominent professors and associate professors of our institute, namely Obraztsov, Gibshman, Nikitin, is developing a research task that is extremely relevant for railway transport – placement of cargo stations in Moscow railway junction from the point of view of its reconstruction...» [17]. The work of Ph.D. students of the department was also highlighted separately. So, for example, the following was written about V. N. Obraztsov's student: «Ph.D. student S. P. Buzanov completed and submitted for publication to SRS a research work on the history of stations and junctions on the USSR network. This work, for the first time in the history of development of the discipline «Stations and junctions»,» provides a social and class analysis of development of stations. A few station diagrams from this work were used in construction of the greatest Moscow – Donbass supermainline» [17].

In 1932–1933, two research teams created from among students, Ph.D. students and university professors, worked under the scientific guidance of Professor V. N. Obraztsov and his disciple Professor S. V. Zemblinov. The teams were engaged in development of scientific projects for reconstruction of the largest stations and junctions of railways of the Soviet Union (Moscow, Leningrad, junctions of Donbass and Kuzbass, Yaroslavl, Kirov, Kupyansk and several others) [9, pp. 10–11]. We read on the pages of the newspaper «Stalinets» about the assault «to reconstruct the railway junctions of the most important and most intensively built Moscow – Donbass railway» and about the team led by Professor S. V. Zemblinov, which drew up projects «for reconstruction and rationalisation of the following junctions: Lozovaya, Slavyansk, Popasnaya, Rodinovo, Kupyansk, Southern Railways, Liski – South-Eastern, Elets – Uzlovaya, Kashira, Ozerelye, Lugansk along the line of the new Moscow – Donbass railway» [18]. All projects were worked out at local technical meetings and agreed upon by the railway directorates.

In May 1933, MIIT and the Central Directorate of Technical Propaganda (Tsutekhprop) of the NKPS organised a team under the leadership of Prof. V. N. Obraztsov, consisting of 11 Ph.D. students from MIIT SRS, a group of fourth-year graduates of station specialty and several professors and associate professors. We read about the tasks assigned to the team in the materials of the newspaper «Stalinets»: «the first





is the study of the work of the most important junctions of the Southern and Ekaterininskaya railways, the work of in-plant transport, the largest giants (KhTZ, Makeevka Metallurgical Plant, Dneproges with the plant, mines, Dnepropetrovsk metallurgical plants); the second is carrying out technical work at the junctions, giving lectures for engineers by professors, conducting reports and conversations among the masses of railway workers with the help of Ph.D. students and graduate students, familiarising themselves with the state of technical work at the junction and holding methodological conferences» [19].

The team worked for 18 days. We read about the results in the note: «As a result of clear leadership, especially from the head Prof. Obraztsov, and the correct balance of forces, the team conducted 11 lectures by professors, 20 reports and conversations by Ph.D. students and 9 by graduate students. In total, 40 lectures and reports were held on the following issues: reconstruction of large junctions; mechanisation of humps; standard mechanised warehouse; analysis of operational meters; routing and specialisation of trains; track arrangement; automatic blocking; automatic coupler, etc.» [19]. The experience of V. N. Obraztsov's team showed how important it is for future engineers and scientists to organise such trips, within the framework of which the technical horizons of

Ph.D. students and graduate students are significantly expanded. The combination of such scientific and production excursions with technical work at the junctions was closely linked to production tasks. The Department of stations and junctions of MIIT provided extensive assistance to transport in subsequent years. Thus, in the note «Our help is real» for 1934, V. N. Obraztsov indicated that he was taking upon himself «the development of a memorandum on the issue of transferring the Circular Railway... At the request of the Circular Railway, a draft memorandum on this issue was drawn up» [20].

Professor V. N. Obraztsov was recognised as the «Best Worker» of the Institute and in 1933, the Department of stations and junctions, under his leadership, provided scientific and technical assistance to Kursk Railway by examining the project for development of Tula railway junction. A corresponding note was published about this in the institute newspaper «Stalinets». The head of the department, Professor V. N. Obraztsov, having studied the project, invited the entire department and students to go to Tula to get acquainted with the area, the city and the state of industry. As a result of analysing available materials, the department recognised the project drawn up by Kursk Railway as untenable. He did not consider the development of the city and its layout, did not provide amenities to serve the developing industry, did not take into account

the development of Tula II station, etc. As the author of the note wrote, «The department, solving the problem of Tula junction, considered all these shortcomings. Scheme proposed by the department represented by prof. Obraztsov for development of Tula junction was reviewed by the Scientific and Engineering Council of the Operational Directorate of the NKPS and did not meet any objections, and the department's proposal to turn station Tula I to the passenger only station, and station Tula II – into the commodity-administrative body, was adopted by the Scientific and Engineering Council» [21].

The article «Red Banner Department «Station and Junctions» highlighted the participation of MIIT departments in socialist competition in transport. The author of the note was the head of the department, Professor V. N. Obraztsov, party organiser Buzanov and trade union organiser Nikitin. Among the achievements, the following works of the department were noted: «...The conclusion of the department on Tula junction has already been accepted by the Scientific and Engineering Council of the Operational Directorate of the NKPS. From the scientific work carried out by the department, personally with the participation of V. N. Obraztsov the following was emphasised: «...The work of V. N. Obraztsov was put into print: «Railway junctions in urban planning». Professor Obraztsov gave 3 lectures on the transport encyclopaedia to Ph.D. students, participated in examination of Metrostroy and took an active part in organising the building transport fleet of Metrostroy» [22]. From public work the following was indicated: «Prof. Obraztsov and Associate Professor Buzanov took patronage over the Komsomol brigades, who receive great assistance in their studies and work, etc.» [22].

In January 1934, a production meeting of the 6<sup>th</sup> group of the 4<sup>th</sup> year of the Operations Faculty was held, with participation of the head of the institute, dedicated to summing up the work of the Komsomol brigade named after the 15<sup>th</sup> anniversary of the Komsomol on the actual design of Moscow-Tovarnaya station. At the meeting, the work done by the students was highly appreciated, in particular, it was stated that «it was possible to increase the capacity of trains per day to 350 pairs» [23]. Professor V. N. Obraztsov also took part in this meeting and noted «that the team of Komsomol members working on the project will understand theoretical issues even more deeply and seriously» [23].

Professor V. N. Obraztsov was at the forefront of development of all major scientific topics dealt with by the department of stations and junctions». In 1933, his major work «Railway Stations» was published, which became the scientific basis for a whole series of textbooks on the discipline «Stations and Junctions»: Part I appeared in 1935 (authors – V. N. Obraztsov, V. D. Nikitin, S. P. Buzanov), part 2 in 1938 (authors – V. N. Obraztsov, V. D. Nikitin, M. V. Senkovsky, N. R. Yushchenko) and part 3 in 1949 (authors – V. N. Obraztsov, V. D. Nikitin, F. I. Shaulsky, S. P. Buzanov) [24, P. 107].

The assessment of the scientific activity of the head of the department of stations and junctions, Professor V. N. Obraztsov, was given in the photo note «Under the leadership of the party – in step with the working class» [25] in the institute's newspaper: «[Professor Obraztsov]... has over 50 scientific works, leads the preparation of Ph.D. studies and develops major problematic issues of railway transport. He has been awarded several times for his exceptional energetic intensive work. Public organisations and the directorate of the institute filed a petition with the Central Committee of the Railway NKPS and Council of People's Commissars of the RSFSR on awarding V. N. Obraztsov the title of Honoured Scientist. In addition, the employees under the leadership of Prof. Obraztsov and Prof. Zemblinov were involved in technical propaganda work, as a result of which, according to understated estimates, transport had a saving of 4,5 million rubles» [25].

Another article «Scientific personnel of MIIT» in the newspaper «Stalinets» reported about training of highly qualified personnel in the system of postgraduate professional education of the university, about the successful scientific work of V. N. Obraztsov with Ph.D. students. It was noted that in 1938–1939, under the scientific guidance of V. N. Obraztsov, Buzanov, Zemblinov, and Nikitin defended their dissertations and received the academic degree of D.Sc. (Eng); Shaulsky and Kyazumov became Ph.D. (Eng) [26]. Noting the achievements of MIIT in training qualified personnel for the country's transport industry, the Central Department for Personnel Training of the NKPS, in its order dated January 25, 1934, noted the outstanding work of the best part of the university's teaching staff. Professor V. N. Obraztsov was among those who received a cash prize of 1000 rubles [27].





The teaching activities of V. N. Obraztsov were actively covered in various materials of the institute's newspaper «Stalinets». So, in 1932 he was included in the list of the best professors at MIIT. This is described in the note «The Best of the Best,» which characterises the scientist as follows: «Head of the department of stations and junctions. A major researcher in railway transport. He has about 50 scientific papers in the field of design of railway junctions. He performs work as directed by the deputy People's Commissar of Railways Comrade Blagonravov on design of stations on Moscow–Donbass railway and a number of other large junctions. He is an active member of Mossovet section. He is awarded with the Great Soviet Encyclopaedia» [28].

In 1934, patronage of professors over students became widespread at MIIT, Professor V. N. Obraztsov took an active part in it. The note «Concrete Patronage» highlights his work with five Komsomol members of the 6<sup>th</sup> group of the Operations Faculty. The author of the note indicates how actively this work was going on, citing Professor V. N. Obraztsov himself, who repeated to the students: «You must squeeze out of me everything that I know, so that there is nothing left, and I must help you in this» [29]. Professor V. N. Obraztsov took a responsible approach to his patronage, «I was in the hostel twice, once I got acquainted with everyday life, and another time I had a technical conversation» with students [29]. He «took upon himself the obligation to acquaint Komsomol members with foreign technology and culture of the countries in which he was, and in every possible way to contribute to broadening the horizons of the

relevant Komsomol members. Excursions, viewings of productions and films together with prof. Obraztsov are scheduled each day off» [29].

The institute's newspaper «Stalinets» actively covered the social activities of V. N. Obraztsov. In 1934, he was elected a member of the All-Russian Central Executive Committee of the RSFSR, in 1935 – a deputy of Moscow Council, in 1937 – a deputy of the Supreme Soviet of the USSR of the 1<sup>st</sup>–2<sup>nd</sup> convocations (elected from the Rtishchevsky electoral district of Saratov region). Thus, in the note «Professor Obraztsov is a candidate for the council in the Rtishchevsky electoral district» [30] it was written: «The head of the department of stations and junctions, order bearer, Professor Vladimir Nikolaevich Obraztsov is one of the oldest employees of our institute. 36 years of work at our institute is a huge journey of a remarkable scientist who devoted more than half of his life to education of young specialists» [30].

V. N. Obraztsov himself recalled this period of his life: «Soon I went to my Rtishchevsky electoral district in Saratov region. I visited railway stations (after all, first, I am a railwayman), state and collective farms, cities and towns, schools, shops, hospitals, cultural centres, orphanages. I got to know the lives of my constituents, their needs and aspirations, their vital interests. So, I'm going through my notes relating to my parliamentary activities, looking through my correspondence, which amounted to about 2000 letters this year, and remembering these past months. What voters wrote to me about! There seems to be not a single issue in the personal, public and state spheres that would not interest them. They share all their thoughts and experiences, achievements and failures with the deputy, whom they consider, judging by their enormous trust, to be family and friends...» [8, pp. 27–28].

In 1935, V. N. Obraztsov headed the newly created Research Institute of Railway Transport. The scientist's contribution to development of the country's transport industry was highly assessed, and in the same year V. N. Obraztsov was awarded the Order of Lenin. Since 1939, Vladimir Nikolaevich Obraztsov has been a full member of the USSR Academy of Sciences, who organised and permanently headed the section on scientific development of transport problems [31]. Academician V. N. Obraztsov based the activities of the section he led on the problems of the scientific system in development of the

network and operation of all types of transport. In subsequent years, the scientist clarified the principles he developed as applied to individual economic regions of the Soviet Union [9, P. 11].

The activities of V. N. Obraztsov also continued fruitfully at the Operations Faculty of MIIT, which trained engineers in organising cargo work, mechanising loading and unloading operations, managing passenger transportation and designing stations and junctions. All these divisions were of great importance in the work of the railways. To maximise the effect of using transport technology, to ensure uninterrupted traffic, to build new railways and reconstruct old ones, transport needed qualified personnel. During the period from 1917 to 1940, 9377 people graduated from MIIT. The institute employed 36 professors, 127 associate professors, 105 assistant lecturers and lecturers. The professors of the institute included the deputy of the Supreme Soviet of the USSR, Academician-order bearer V. N. Obraztsov, order-bearers professors B. N. Vedenisov, G. M. Shakhunyants, V. L. Nikolai, A. N. Babichkov, professors, D.Sc. (Eng) G. K. Evgrafov, I. R. Prokofiev, V. D. Zernov, N. T. Mityushin and others [32].

At the beginning of the Great Patriotic War, in October 1941, V. N. Obraztsov left for the Urals for evacuation. Here he works in the transport commission of the USSR Academy of Sciences, which studied changes in the size of cargo turnover, established the necessary transit and carrying capacity, and linked railway transport with inter-factory and intra-factory transport [33]. The newspaper «Gudok» for 1942 reported the following about the activities of V. N. Obraztsov during this period: «The Academician spent most of his time at production sites, examining the technological process, giving advice on projects for development of junctions, checking the directions of cargo flows and proposing measures to increase carrying capacity ... Recently, a group of leading Soviet scientists, led by the President of the USSR Academy of Sciences, Komarov, completed an outstanding work – «On development of the national economy of the Urals in conditions of war», in which theoretical problems immediately received practical resolution. As a result... of implementation of the measures planned by scientists, the Urals increases the supply of the front, raises production and transportation of weapons, ammunition, raw materials and fuel for

defence factories. The work of scientists strengthens the country's military power...» [33]. For this work, in 1942, nineteen scientists, including Academician V. N. Obraztsov, received the Stalin Prize of 1<sup>st</sup> degree.

During the Great Patriotic War, MIIT was also evacuated. The scientific activities of its departments underwent changes. At some departments, groups were organised to design the reconstruction of destroyed bridges, buildings, and railway tracks in territory captured by the enemy. The scientific development of these problems was carried out by Academician V. N. Obraztsov and Professor B. N. Vedenisov [2, P. 160]. For many years of outstanding work in the field of science and technology, Academician V. N. Obraztsov was awarded the Stalin Prize of 2<sup>nd</sup> degree on March 22, 1943 [3]. V. N. Obraztsov contributed the received prizes to the country's defence fund. In 1943, V. N. Obraztsov was awarded the title of General Director of traffic of the first rank [9, P. 12]. In 1946, he was elected deputy of the Supreme Soviet of the USSR.

In the post-war period at MIIT, Academician V. N. Obraztsov developed the theory of transport transit and carrying capacity. As part of the five-year plan for reconstruction and development of the national economy in 1946–1950, MIIT scientists were tasked with achieving the unconditional implementation of this plan and the immediate transfer of completed work into production [34].

In June 1949, Academician V. N. Obraztsov celebrated his anniversary. The newspaper «Stalinets» published a photo note «V. N. Obraztsov. To the 75<sup>th</sup> anniversary of birth». It emphasised the scientist's long professional path, during which, over 50 years of scientific activity, he wrote about 300 scientific papers [35]. By a decree of the Presidium of the Supreme Soviet of the USSR dated July 30, 1949, MIIT professors, Academician V. N. Obraztsov, and corresponding member of the USSR Academy of Sciences, B. N. Vedenisov, were awarded the Order of Lenin [36].

V. N. Obraztsov died on November 28, 1949, after a serious and long illness. The news of his death at MIIT was met with great sadness. In issue No. 30 of the newspaper «Stalinets» for 1949, obituaries from the Ministry of Railways, the party committee and the MIIT directorate, as well as memoirs of the scientist's students and colleagues were published. Professor V. D. Nikitin



recalled his joint work with V. N. Obraztsov: «For the first time I managed to listen to V. N. Obraztsov's lectures back in 1922, then in 1924 and 1925. Even then, he amazed with the breadth of his views, enormous erudition and, most importantly, uncontrollable ebullient energy and passion in solving major transport issues. Later, during more than twenty years of joint work at the department of stations and junctions, I never ceased to be amazed by his persistence and passion, deep patriotism and enormous energy in all types of his diverse activities. Vladimir Nikolaevich's latest works in the field of complex theory of various modes of transport summarise a long period of his fruitful scientific activity and are a synthesis of many particular problems that he solved on his life path» [37].

Professor G. P. Grinevich wrote: «I first met Vladimir Nikolaevich in 1928, while a student at MIIT. The very first acquaintance with Vladimir Nikolaevich, who was already one of the leading transport scientists at that time, struck me with the warmth and caring that were characteristic of him in his relationships with students. Vladimir Nikolaevich closely monitored the formation of each student, noticed the individual, special features in each of them, skilfully developing in students a love of knowledge and research, carefully directing the creative thought of students to solve the most important problems facing socialist transport» [38]. D.Sc. (Eng) F. I. Shaulsky recalled his twenty years of work together with V. N. Obraztsov: «He was an outstanding and versatile scientist – a deep expert in all modes of transport. V. N. Obraztsov was a talented design engineer. Despite his colossal knowledge, he always studied: at stations he had conversations with switchmen and train assemblers, at factories – with workers and foremen, drawing from them advanced experience. These conversations were so intimate that the image of Vladimir Nikolaevich was forever preserved in memory» [39]. Exceptional efficiency, enthusiasm, honesty, responsiveness, and integrity have always been the hallmarks of Professor V. N. Obraztsov. Possessing enormous erudition in such a complex and multifaceted area as the country's transport, encyclopaedic knowledge and rich practical experience, V. N. Obraztsov skilfully passed on this knowledge to his students, workmates and students [5].

In 1949, to perpetuate the memory of Academician V. N. Obraztsov, the Leningrad Institute of Railway Engineers (now Emperor

Alexander I St. Petersburg State Transport University) was named after him. In honour of the talented scientist, in December 1949, by the decision of the Executive Committee of Moscow City Council of Workers' Deputies, Bakhmetevskaya Street was renamed Obraztsova Street. Streets in other cities of the country were named in honour of V. N. Obraztsov, including in Chelyabinsk, Rtishchevo, Irkutsk, etc. In memory of the 100<sup>th</sup> anniversary of the birth of V. N. Obraztsov, Moscow Council decided to install a memorial plaque on the house, where Vladimir Nikolaevich lived.

The government highly appreciated V. N. Obraztsov's contribution to transport science, awarding him the title of State Prize laureate twice; for outstanding services he was awarded three Orders of Lenin, the Order of the Patriotic War, I degree, two Orders of the Red Banner of Labour, the Order of the Red Star and medals [31]. V. N. Obraztsov gave almost 50 years of his life to MIIT. The memory of the scientist, the first Academician in transport science, is carefully preserved within the walls of the university to this day. Academician V. N. Obraztsov will forever remain in memory as an excellent teacher and educator of domestic engineering personnel, the founder of the science of designing railway stations and junctions.

## REFERENCES

1. Moscow Order of Lenin and Order of the Red Banner of Labour Institute of Railway Engineers named after I. V. Stalin during 40 years of Soviet power: Collection of articles [Moskovskiy ordena Lenina i ordena Trudovogo Krasnogo Znameni institut inzhenerov zheleznychodorozhnoego transporta imeni I. V. Stalina za 40 let Sovetskoi vlasti: Sb. statei]. Ed. by D. L. Yudin. Moscow, 1957, 136 p.
2. MIIT at the turn of the century [MIIT na rubezhe vekov]. Ed. by B. A. Lyovin. Moscow, MIIT publ., 2002, 641 p. ISBN 5-7876-0015-0.
3. Buzanov, S. The prominent transport scientist [Krupneishiy ucheniy transporta]. *Gudok*, 1943, № 36, March 24.
4. Moscow Institute of Transport Engineers named after F. E. Dzerzhinsky on the eve of the eleventh anniversary of the October Revolution [Moskovskiy institut inzhenerov transporta imeni F. E. Dzerzhinskogo k odinnadtsatietyu Oktyabrya] / (report materials). Moscow, Svetoch publ., 1929, 203 p.
5. Ratner, R. Outstanding scientist (to the 100<sup>th</sup> anniversary of the birth of V. N. Obraztsov) [Vydayushchisya ucheniy (K 100-letiyu so dnya rozhdeniya V. N. Obraztsova)]. *Transport engineer*, 1974, № 21, June 20.
6. Obraztsov, V. N. Experience in reorganising educational framework at the Moscow Institute of Railway Engineers: Experience of a new teaching method in Moscow Mining Academy (Materials on the reform of higher education / State Academic Council Scientific and Technical

- Section) [Opyt reorganizatsii uchebnoi postanovki v Moskovskom institute inzhenerov putei soobshcheniya: Opyt novogo metoda prepodavaniya v Mosk. gornoj akad. (Materialy po reforme vysshego obrazovaniya/ Gos. uchen. sov. nauch.-tekh. sektsiya)]. Vol. 1. Moscow, State publishing house, 1924, 31 p.
7. Dukhno, N. A. Contribution of Vladimir Nikolaevich Obraztsov to development of technical education in Russia [Vklad Vladimira Nikolaevicha Obraztsova v razvitiye tekhnicheskogo obrazovaniya v Rossii]. *Transportnoe pravo i bezopasnost*, 2022, Iss. 2, pp. 249–262. [Electronic resource]: [http://trans-safety.ru/tpb/articles/2022/pdf/42/24\\_dukhno.pdf](http://trans-safety.ru/tpb/articles/2022/pdf/42/24_dukhno.pdf). Last accessed 18.02.2024.
8. People of socialist transport. V. N. Obraztsov [Lyudi sotsialisticheskogo transporta. V. N. Obraztsov]. Moscow, Transzheldorizdat publ., 1939, 30 p.
9. Obraztsov, V. N. Selected works. In 3 volumes. Bibliography essay by F. I. Shaulsky. Academy of Sciences of the USSR. Vol. 1. Moscow, Publishing House of Academy of Sciences of the USSR, 1955, 446 p.
10. About the institute [Po institutu]. *Dzerzhinets*, 1928, № 2–3, December 8.
11. Obraztsov, V. N. Profitability of the railway and its graphical representation depending on tariff rates [Dokhodnost zheleznoi dorogi i ee graficheskoe izobrazhenie v zavisimosti ot tarifnykh stavok]. *News of the Imperial Moscow Engineering School. Part 2: Scientific works*, 1907, Iss. I, pp. 103–118.
12. Obraztsov, V. N. Overpass tunnels when designing junctions and stations [Tonnelle puteprovody pri proektirovaniyu uzlov i stantsii]. *Proceedings of MIIT*, 1926, Iss. II, pp. 143–157.
13. Obraztsov, V. N. Junction design technique [Tekhnika proektirovaniya uzlov]. *Proceedings of MIIT*, 1927, Iss. V, pp. 7–36.
14. Obraztsov, V. N. Standard class V–III station with gradual development [Tipovaya stantsiya V–III klassov s postepennym razvitiem]. *Proceedings of MIIT*, 1927, Iss. V, pp. 63–92.
15. Obraztsov, V. N. Railway in the city [Zheleznaya doroga v gorode]. *Proceedings of MIIT*, 1932, Iss. XXX, 47 p.
16. Galkin, Ya. MIIT was involved in development of control figures of railway transport for 1934 [MIIT vkluchilsya v razrabotku kontrolnykh tsifr zh-d transporta na 1934 god]. *Stalinets*, 1933, Iss. 16, December 4.
17. From the SRI report [Iz raporta NIS'a]. *Stalinets*, 1932, No. 20, November, 1<sup>st</sup> decade.
18. Buzanov. Assault to reconstruct railway junctions of the most important intensively build Moscow – Donbass railway [Boevoy shтурм po pereustroistvu zh-d uzlov vakhneishiei sverkhudarnoi magistrali Moskva – Donbass]. *Stalinets*, 1932, № 8, April 22.
19. Kudzoev, Feigim. To consider the travel experience of the team of Prof. V. N. Obraztsov [Uchest opyt poezdki brigady prof. V. N. Obraztsova]. *Stalinets*, 1933, № 15, June, 1<sup>st</sup> decade.
20. Obraztsov, V. N. Our help is real [Nasha pomoshch realna]. *Stalinets*, 1934, № 26, June 29.
21. Buzanov. The project for development of Tula junction is being developed at the institute [Proekt razvitiya Tul'skogo uzla razrabatyvaetsya v institute]. *Stalinets*, 1933, № 10, October 29.
22. Buzanov, Nikitin, Obraztsov. Red Banner Department of Stations and Junctions [Krasnoznamennaya kafedra «Stantsii i uzly»]. *Stalinets*, 1933, № 20, December 30.
23. Lutskovskaya. As a gift to the XVII Party Congress [V podarok XVII partezdu]. *Stalinets*, 1934, № 3, January 22.
24. Fedyakin, A. V., Medvedev, S. V., Tantsevova, A. V. At the Forefront of Transport Education and Industrial Science in Russia: the 125<sup>th</sup> Anniversary of Russian University of Transport. *World of Transport and Transportation*, 2021, Iss. 3, pp. 104–113. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2020-19-3-11>.
25. Under the leadership of the party – in step with the working class [Pod rukovodstvom partii – v nogu s rabochim klassom]. *Stalinets*, 1932, Iss. 20 November, 1<sup>st</sup> decade.
26. Darkov, Shaulsky. MIIT scientific personnel [Nauchnie kadry MIIT]. *Stalinets*, 1939, № 44, May 19.
27. Order on the central personnel training department of the NKPS dated January 25, 1934 [Rasporyazhenie po tsentralnomu otdelu podgotovki kadrov NKPS ot 25 yanvarya 1934]. *Stalinets*, 1934, № 24, February 7.
28. The best of the best [Luchshie iz luchshikh]. *Stalinets*, 1932, № 9, April 30.
29. Specific patronage [Konkretnoe shefstvo]. *Stalinets*, 1934, № 5, February 15.
30. Professor Obraztsov – candidate for the Council in the Rtišchevsky electoral district [Professor Obraztsov – kandidat v sovet po Rtišchevskomu izbireatelnomu okrugu]. *Stalinets*, 1937, № 8, October 15.
31. Vladimir Nikolaevich Obraztsov. *Stalinets*, 1949, № 30, November 30.
32. Great honour to work in railway transport [Velikaya chest rabotat na zheleznodorozhnom transporte]. *Stalinets*, 1940, № 29, July 4.
33. Rozinov, I. Soviet scientist [Sovetskiy ucheniy]. *Gudok*, 1942, № 44, April 12.
34. Parfenov, D. Moscow Institute of Transport Engineers is 50 years old [Moskovskomu institutu inzhenerov transporta 50 let]. *Stalinets*, 1946, Anniversary issue, December 28.
35. V. N. Obraztsov. To the 75<sup>th</sup> anniversary of his birth [V. N. Obraztsov. K 75-letiyu so dnya rozhdeniya]. *Stalinets*, 1949, № 14, June 20.
36. Be on top of new challenges [Byt na vysote novykh zadach]. *Stalinets*, 1949, № 16, September 1.
37. Nikitin, V. D. Great loss [Bolshaya utrata]. *Stalinets*, 1949, № 30, November 30.
38. Grinevich, G. P. An example of selfless service to the Motherland [Primer bezavetnogo sluzheniya Rodine]. *Stalinets*, 1949, № 30, November 30.
39. Shaulsky, F. I. In memory of a wonderful scientist [Pamyati zamechatel'nogo uchenogo]. *Stalinets*, 1949, № 30, November 30.

#### *Information about the authors:*

- Gorbunov, Alexander A.**, D.Sc. (Politics), Professor, Director of the Basic Training Academy of Russian University of Transport, Moscow, Russia, 171950@rambler.ru.
- Fedyakin, Alexey V.**, D.Sc. (Politics), Professor, Head of the History Department of Russian University of Transport, Moscow, Russia, avf2010@yandex.ru.
- Tantsevova, Anastasia V.**, Ph.D. (History), Associate Professor at the History Department of Russian University of Transport, Moscow, Russia, tantsevova@mail.ru.



Article received 27.02.2024, approved 25.03.2024, accepted 27.03.2024



# Commodity Structure of the Railway Transportation Market: the History of a Century and a Half Transformation



Dmitry A. MACHERET



Anton D. MACHERET

Dmitry A. Macheret <sup>1,2</sup>, Anton D. Macheret <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Joint Scientific Council of JSC Russian Railways,  
Moscow, Russia.

<sup>2</sup>Russian University of Transport (MIIT), Moscow,  
Russia.

<sup>3</sup>Financial University under the Government of the  
Russian Federation, Moscow, Russia

<sup>1</sup>ORCID 0000-0002-1322-3030; Russian Science  
Citation Index Author ID: 380766.

<sup>2</sup>Russian Science Citation Index Author ID: 1182418.

✉ <sup>1</sup> macheretda@rambler.ru.

## ABSTRACT

The purpose of the research described in the article is a long-term (from the last quarter of 19th century to the present) assessment, using methods of statistical and historical analysis, of the commodity structure of transportation on the domestic railway network, identifying the main trends in its transformation and drawing conclusions about development prospects of railway cargo transportation.

The analysis made it possible to identify the specifics of the commodity structure of railway transportation in the Russian Empire, the USSR and the Russian Federation and its changes within the corresponding historical periods. General trends in changes in the commodity structure of railway transportation over the entire sesquicentennial period under consideration have also been identified.

It is noted that adaptation of railway transport to transformation of the commodity structure of transportation indicates the high adaptability of the capital goods of the industry, and therefore the prospects of investment in development of railways.

A methodological approach to the typology of the commodity structure of the railway transportation market is proposed, based on which its qualitative changes during the period under review are analysed. It has been established that at the end of 19th – beginning of 20th century the commodity structure of railway transportation was diversified, then mixed and concentrated structures alternated, and at the beginning of 21st century the concentrated structure predominated. This structure makes transport companies dependent on the situation in a small number of industries and vulnerable if it worsens, therefore, it was concluded that it is advisable to diversify the commodity structure of railway transportation based on implementation of both marketing, technical and technological innovations. The key to this is the customer-focused improvement of cargo transportation technology and introduction to the market of new transport products that are attractive to cargo owners and effective for transport companies.

**Keywords:** railway transport, commodity structure of the railway transportation market, market conditions, trends, economic transformation, adaptability of capital goods, diversification, transport products.

---

For citation: Macheret, D. A., Macheret, A. D. Commodity Structure of the Railway Transportation Market: the History of a Century and a Half Transformation. World of Transport and Transportation, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 276–286. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-16>.

---

The original text of the article in Russian is published in the first part of the issue.

Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

## INTRODUCTION

Railways, which bear over 90 % of commercial cargo turnover in the country (excluding specialised pipeline transport) [1], play a key role in the Russian cargo transportation market, and therefore in meeting transport needs of domestic commodity producers and product buyers. The importance of railways for the Russian economic history is great regarding last two centuries, when the country's economy developed in inextricable unity with the development of railway transport [2, P. 163]. The opinion of M. A. Davydov, a well-known researcher of the economic history of Russia in the second half of 19<sup>th</sup> – early 20<sup>th</sup> centuries seems justified: «.... Railway transportation is a very important and clear indicator of the level of development of the national economy at any given moment in time, by which one can judge the dynamics of development of industry and trade, ...development of the market... Among other things, railway statistics make it possible to capture changes in production and market conditions that are often not traced from other mass sources» [3, P. 753]. This assessment is confirmed by several studies carried out on material dated the second half of 19<sup>th</sup> – early 21<sup>st</sup> centuries [4–6].

An important characteristic of macroeconomic development and market conditions is not only the dynamics, but also the structure of railway transportation. It can be considered in various aspects, for example, geographical (by transport corridors, transportation directions) [7] or seasonal – by quarters and months of the year [8]. The commodity structure of railway transportation is of key importance, i.e., structure by type of goods (cargo) transported, which is the basis for segmentation of the railway cargo transportation market [9, P. 77]. It should be recalled that domestic railway science and practices initially widely used the concepts of «transportation of goods», «goods movement», «goods train» (as well as wagon, station, etc.) [10–12]. During the period of a centrally planned economy, the word «goods» in relevant terms gave way to the words «cargo» or «freight»<sup>1</sup> («cargo transportation», «freight transportation», «cargo train», «freight train», «cargo station», «freight station», etc.). However, even then, in the sphere of relations between the railway,

shippers and consignors (which was called *commercial work*), the concepts of «goods office» and «goods cashier» were preserved.

Indeed, from an economic point of view, transport hauls precisely goods that have such economic characteristics as production cost, market price, and utility for the consumer. The demand for transportation depends on these characteristics, as well as the requirements imposed by commodity producers on the timing and cost of transporting their products, with which the technology of the transportation process must be harmonised.

It is based on economic and cost characteristics that cargo on Russian railways is divided into three tariff classes, belonging to which determines the level of transportation tariff [13; 14], and, accordingly, the freight charge (rate) that the goods owner will pay, and which will be included in the carrier's income. Therefore, using modern long-held terminology in this work («cargo», «freight», «cargo transportation», «freight transportation» etc.), we will mean that goods transported by rail are goods produced for sale on the market and having the corresponding economic characteristics, the correct accounting of which by railway companies determines their positioning in the cargo transportation market, operational efficiency and long-term competitiveness.

The commodity<sup>2</sup> structure of the railway transportation market is important and interesting for scientific analysis because it:

- reflects the structure of the economy and the situation in goods and commodity markets;
- largely determines the profitability of the carrier's activities and transportation technology;
- indicates the predominant specialisation or diversification of the activities of railway transport and, to some extent, its long-term prospects under the conditions of economic transformation.

A number of works note such problems in the structure of railway cargo transportation as the dominance of coal («coal-centricity»), which reduces the specific profitability of transportation and does not correlate with the global decarbonisation trend [15; 16], as well as

<sup>1</sup> In original Russian text a single term is used for «cargo» and «freight». – *Translator's note*.

<sup>2</sup> While a terminological difference may exist between «commodity» meaning mainly raw materials or primary agricultural products and «goods» narrowly meaning a tangible physical product, then for the purposes of the article a term «commodity structure» refers in a broader sense as is the case of trade and exports to both goods and commodities if not mentioned otherwise. – *Translator's note*.

a decrease in the share of some goods transported (and, accordingly, their share in the structure of transportation), indicating their outflow to competing modes of transport (primarily road) [17].

All the above indicates the relevance of analysing the evolution of the commodity structure of the railway transportation market.

*The objective* of this study is to conduct, using *methods* of statistical and historical analysis, a long-term (from the last quarter of 19<sup>th</sup> century to the present) analysis of the commodity structure of transportation on the domestic railway network, identify the main changes and trends and, based on that, draw some conclusions for the future.

## RESULTS

### Commodity Structure of Railway Transportation in the Russian Empire

The threshold and beginning of construction of railways in the Russian Empire was accompanied by a very active discourse [18], touching on various aspects of this epoch-making innovation [19]. At the same time, in the Russian discourse of the 1830s – 1860s, railways in terms of their economic importance were considered, first, as a means of transporting agricultural products, primarily grain cargo. However, starting in the 1870s, the paradigm began to change: the government began to view railways as a tool to accelerate the industrialisation of the country through industrial orders for the needs of railway construction [20].

Indeed, orders for large-scale railway construction and for the needs of already operating railways, the length of which was growing dynamically, had a powerful stimulating effect at the end of 19<sup>th</sup> century on the growth of coal and oil production, the development of oil refining and ferrous metallurgy, mechanical engineering and metalworking and other industries [21–23]. On the other hand, railways contributed to development of industry thanks to high carrying capacity, as well as to regularity, accuracy, acceleration and reduction in cost of transportation [24; 25]. Considering the synergy of these two channels for stimulating industrial development on the part of railways, from 1870 to 1900, coal production in Russia increased by 23,5 times, oil production by 351 times, iron ore mining by 8 times; iron smelting increased by 8,5 times, iron and steel production increased by 9,3 times [26]. This radically changed the

commodity structure of railway transportation (Table 1). If in the 1870s it was dominated by grain cargo, then by the end of 19<sup>th</sup> century coal came into first place, the share of ferrous metals increased significantly, and the share of oil cargo increased by an order of magnitude. It should be noted that the growth of grain transportation in absolute terms during this period was quite dynamic; it approximately doubled. However, coal transportation grew four times faster than grain transportation, and oil transportation almost 20 times faster [26; 27], which caused the noted structural changes.

At the beginning of 20<sup>th</sup> century, the persistence of accelerated growth in coal transportation (by 3,2 times with a total increase by 2,5 times) and a slower increase in grain transportation (by 2,2 times) [27] led to a continuation of trends in increasing the share of coal and reducing shares of grain cargoes. But the growth of oil cargo transportation slowed down significantly: the volumes thereof increased only by 1,5 times, and their share decreased significantly. This was due to a general decline in oil production in the country. It reached its peak in the Russian Empire in 1901, after which it began to decline due to depletion of fields explored at that time in the main oil-bearing region of the country – Baku – and insufficient compensation due to increased production in other oil-bearing regions [28, pp. 69–70]. In general, during 1900–1913, oil production decreased by 21 % [26, P. 403]. The persistence of impressive growth in rail transportation of oil cargo under these conditions (although it has slowed down significantly) indicates the effective positioning of railways in the cargo transportation market, where their main competitor was water transport. The share of oil transported by rail increased from 13,8 % in 1897–1901 to 47,3 % in 1913 [12, P. 246]. It should be noted that the share of railways in the domestic market for entire mainline cargo transportation also grew steadily: in the second half of the 1870s it was of 55 %, in the first half of the 1890s of 65 %, and in 1913 of about 75 % [21; 29]. At the same time, the share of industrial cargo in the total volume of railway transportation in 1913 accounted for 75,8 % [29, P. 189].

The growth in the share of railway transportation and the qualitative change in their commodity structure in the last quarter of 19<sup>th</sup> – early 20<sup>th</sup> centuries are a very clear and important characteristic of the modernisation transformation

**Table 1**  
**Changes in the commodity structure of railway transportation in the Russian Empire, %**

Cargo name	Years			
	1876–1878 (on average)	1895–1897 (on average)	1899	1913
Coal	9,2	15,9	17,5	22,1
Oil cargo	0,7	7,1	6,3	3,7
Ferrous metals	2,4	3,5	3,1	3,0
Forest building materials	6,9	7,2	7,6	9,4
Firewood	...	...	5,2	6,2
Main grain cargoes	31,9	20,4	14,5	12,9
Other cargo	48,9	45,9	45,8	42,7
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

Sources: [26; 27].

of the economy of the Russian Empire, the prologue of which was associated with the reforms of the 1860s – 1870s, and the crown of which was the «great economic breakthrough» of 1885–1914, supported by new institutional reforms [23].

### Commodity Structure of Railway Transportation in the USSR

It is advisable to begin consideration of the structure of railway transportation in the USSR from 1928, located «at the junction» of the reconstruction period (after the First World War and the Civil War) and the period of the «first five-year plans», when forced industrialisation began within the framework of a centrally planned economy [30]. Although production and transportation of products were now carried out not to satisfy market demand, but to fulfil directive plan targets [29; 30], signs of commodity relations between product manufacturers, consignees and railways remained: they carried out monetary settlements, generated income and profit, etc. Therefore, and also to maintain a single approach to the stated topic throughout the entire sesquicentennial period under review, we retain the term «commodity structure of railway transportation» in relation to a centrally planned economy, without forgetting that these transportations referred to commodity rather in form than in content.

It should be noted that the structure of transportation in 1928 was not too different from the structure in 1913 (Table 2). Moreover, the share of coal decreased by 2,6 percentage points, and the share of firewood increased by a comparable amount (by 2 percentage points).

During the centrally planned industrialisation, in which priority was given to development of

heavy industry [31, pp. 782–784], the structure of railway transportation had undergone significant changes by 1950: the share of coal increased dramatically, of ore – significantly, and the share of grain cargo decreased by more than twofold. However, these significant changes seemed to continue the trends of the late 19<sup>th</sup> – early 20<sup>th</sup> centuries. A fundamentally new trend has been associated with the dynamic growth of the share of mineral construction materials (previously, such a group was not identified at all in railway statistics) with a decrease in the share of forest construction materials. These interrelated trends continued until the end of the Soviet period.

In the structure of transportation of fuel and energy cargo in the 1950s – 1960s, dramatic changes began, associated with transformation of the country's energy balance – a decrease in the share of coal in it, an increase in the share of oil and gas, as well as development of nuclear and hydropower. Apropos, a significant role in this transformation was played by the accelerated transition of the railways themselves from predominantly steam to predominantly electric and diesel traction, which began in 1956 and had been largely completed by the early 1970s [32]. In the initial year of this transition, 1956, when steam traction dominated railway transport, railways consumed about 100 million tons of coal, over 22 % of all coal production in the country, and steam locomotives in real operating conditions could use only 4–5 % of the energy of burned fuel [33, P. 224]. The transition of railways to progressive types of traction freed up this coal for alternative, and more efficient, use, thereby reducing the required scale of increasing coal mining and coal transportation. Accordingly, the railways' carrying capacity was freed up for



**Table 2****Change in the commodity structure of railway transportation in the USSR, %**

Cargo name	Years						
	1928	1940	1950	1960	1970	1980	1990
Coal	19,5	24,5	30,6	24,8	21,2	19,6	19,2
Oil cargo	5,6	5,0	5,2	8,0	10,5	11,3	10,1
Ferrous metals	3,6	3,7	3,8	4,2	4,9	5,1	5,0
Forest building materials *	11,1	7,2	8,6	8,8	6,2	3,9	3,7
Firewood	8,2	4,0	2,3	...	...	...	...
Grain cargo	9,9	7,8	4,7	4,3	3,7	3,6	3,9
All kinds of ore	4,5	5,9	5,8	6,7	8,5	8,5	8,2
Mineral building materials (including cement)	12,9	18,8	18,9	22,9	23,9	25,7	29,4
Chemical and mineral fertilizers	0,3	0,7	0,7	1,1	2,4	3,1	3,6
Other cargo	24,4	22,3	19,5	19,2	18,8	19,2	16,9
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

\* Since 1960 – Timber cargo (including firewood)

Sources: [29]; Transport and communications of the USSR. Statistical collection. Moscow, Statistika publ., 1972, 320 p.; Railways of the USSR in numbers. Compiled by A. Jacobi; edited by Z. L. Mindlin. Moscow, TsUNKHU Gosplana USSR, 1935, 189 p.; Operator's Handbook. Ed. by N. A. Gundobin. Moscow, Transport publ., 1971, 704 p.; National Economy of the USSR in 1990: Statistical Yearbook. State Statistics Committee of the USSR. Moscow, Finansy i statistika publ., 1991, 752 p.; Dynamics of development of railway transport and prospects for formation of market infrastructure: reference book. Compiled by N. P. Tereshina, A. V. Ushkov. Moscow, MIIT Printing House, 1992, 88 p.; Transport and communications of the USSR. Statistical collection. Moscow, State Statistical Publishing House, 1957, 260 p.

transportation of other goods. Moreover, a significant increase in train performance, achieved due to the introduction of electric and diesel traction and other significant innovations on railways [34], significantly increased the carrying capacity that could be used to transport various goods. The influence of this transformation on the structure of railway transportation became evident already in 1960, when the share of coal decreased significantly, and the share of oil cargo, quite stable in 1928–1950, increased sharply. This was the beginning of a new trend, during which by 1970 coal had conceded primacy in the structure of transportation to mineral and construction cargo (its share fell below the level of 1913), and oil cargo took third place, ahead of timber.

Cross-cutting structural trends throughout the existence of a centrally planned economy were a gradual increase in the share of ferrous metals and a very dynamic increase in the share of chemical and mineral fertilisers, which, being insignificant in the period 1928–1950, by 1990 had become comparable to the share of timber and grain cargoes.

Thus, during the Soviet period, there was a significant transformation in the structure of railway transportation, which clearly reflected structural changes in the country's economy.

**Commodity Structure of Railway Transportation in the Russian Federation**

The assessment of the commodity structure of railway transportation in the Russian Federation (Table 3) was made based on data on the departure (loading) of goods, as in Table 2. It should be noted that since the beginning of the 1990s, the indicators of «shipped» and «transported» goods ceased to be identical, because transportation of imported and transit cargo began to be considered in a special way<sup>3</sup>.

However, the difference between the departure and transportation of goods is not so great and, more importantly, the structure of the departure of goods characterises both the structure of domestic production and the success of attracting products from certain sectors of the Russian economy to railway transport. Therefore, the use of this indicator remains methodologically correct for the purposes of the study.

Under the conditions of a centrally planned economy, the structure of railway cargo transportation in the Russian Federation was somewhat different from the entire railway network of the USSR, in particular, the share of coal and ore was slightly lower, and that of oil and timber cargo was higher (see data for 1990

<sup>3</sup> See in detail: [35, P. 50].

Table 3

**Changes in the commodity structure of railway transportation  
in the Russian Federation, %**

Cargo name	Years							
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
Coal	18,1	23,9	23,2	21,9	22,3	26,7	28,4	28,7
Oil cargo	11,5	14,6	14,8	17,2	21,0	20,6	16,8	17,5
Metal ores	6,6	10,2	10,8	10,0	10,6	10,7	11,2	10,8
Ferrous metals	5,1	5,2	6,0	5,8	6,0	5,9	5,3	5,4
Chemical and mineral fertilizers	3,6	3,1	3,4	3,4	3,8	4,2	5,0	4,9
Mineral building materials (including cement)	28,8	23,5	22,0	25,4	14,6	13,1	12,6	12,8
Timber cargo	6,2	4,7	4,6	5,1	3,4	3,2	3,3	2,5
Grain and grinding products	3,8	2,7	2,0	1,8	1,5	1,7	2,4	2,2
Other cargo	16,3	12,1	13,2	9,4	16,8	13,9	15,0	15,2
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Sources: [35]; Transport in Russia: Stat. collection. Goskomstat of Russia. Moscow, 2003, 182 p.; Transport in Russia. 2018: Stat. collection. Rosstat. Moscow, 2018, 101 p.; Transport in Russia. 2022: Stat. collection. Rosstat. Moscow, 2022, 101 p.; Review of the work of cargo railway transport for 12 months of 2022. URL: [://railsovet.ru/Analytics/obzor](http://railsovet.ru/Analytics/obzor).

in Tables 2 and 3). However, these differences were not large – about 1–2 percentage points, and the largest share in the structure of shipments was accounted for by the same cargo: mineral construction, coal and oil.

In market conditions, the commodity structure of railway transportation began to change significantly under the influence of two main factors. The first factor is the active entry of Russian manufacturers into global commodity markets, due to which the demand for export transportation of bulk cargo by rail has increased and corresponding changes in the loading structure have occurred. Thus, in 2022, the share of exports in the loading of ferrous metals was of 36 %, of oil cargo exceeded 40 %, of grain was of 58 %, and of coal was of 55 % [35]. It is noteworthy that in 2000, less than 16 % of loaded coal was exported [36]. The organisation of technologically efficient export transportation of coal, also stimulated by tariff policy [37], contributed to an increase in its production [38] and, accordingly, an increase in the share of coal in the commodity structure of transportation, where it again came out on top. The growth of export traffic also contributed to an increase in the share of oil cargo, ore, ferrous metals, fertilisers and, in the last decade, grain.

The second factor is increased competition in the transport market [39], because of which significant volumes of transportation of some goods have left the railways for other modes of transport. Thus, the almost halving after 2005 of

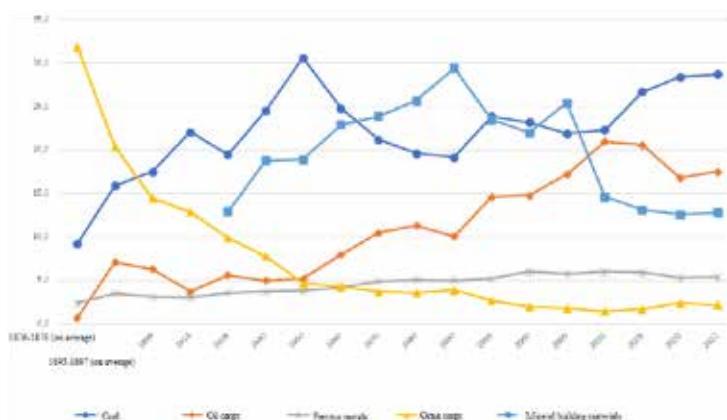
the share of mineral construction materials, the average transportation distance of which is small, is associated with their shift to road transport, which is competitive in this market segment [17]. In connection with the active development of pipeline transport [40; 41], which is practically non-competitive in those segments of the transportation market in which it specialises in servicing [9, p. 19], the share of oil cargo by rail, which amounted to 21 % in 2010, then decreased significantly.

It is worth noting another important trend in the change in the commodity structure of railway transportation – an increase in the share of containerised cargo loading. If in 2010 it was of only 1,6 % [42, P. 45], then in 2022 it exceeded 3,6 % [35]. Considering that a wide range of finished products are transported in containers (chemicals, consumer goods, machinery, automobiles and components, etc. [35, P. 59]), an increase in the share of container transportation is important for mitigating the raw material orientation of the existing commodity structure of railway transportation.

**Long-term Trends and Qualitative Characteristics of Transformation of the Commodity Structure of Railway Transportation**

Along with the analysis of the commodity structure of railway transportation in certain periods of the history of our country, it is of interest to identify general trends in its change





Pic. 1. Change in the share of some cargo in the structure of railway transportation (1876–2022), % [compiled by the authors].

\* Until 1913 – data on the railway network of the Russian Empire, 1928–1990 – USSR, since 1995 – the Russian Federation.

over the entire sesquicentennial period under consideration. To do this, it is possible to use time series covering this entire period, consisting of data from the corresponding years on the railway network of the Russian Empire, the USSR and the Russian Federation (Pic. 1). As indicated in [43, P. 27], this «principle of «gluing together» statistical indicators (especially relative ones) within different territorial boundaries (Russian Empire, USSR, Russian Federation) relating to periods of the country's history» is methodologically justified.

As can be seen from Pic. 1, different cargoes showed different types of long-term trends in their share in the structure of railway transportation.

The share of grain cargo decreased almost exponentially. The share of ferrous metals, which is quite stable within certain periods of time lasting 15–20 years or more, has generally tended to moderate growth over a century and a half.

Noting the general trend towards a dynamic increase in the share of oil cargo, one should pay attention to the periods of its decline, separated by a century and comparable in scale: 1895–1913 and 2010–2020

It is noteworthy that the graph of changes in the share of mineral and construction cargoes is very close to the part of the graph illustrating changes in the share of coal, which covers 1876–2010, including periods of dynamic growth, moderate decline, one absolute and one local maximum and, finally, a period of stabilisation after the decline relative to the local maximum. For hard coal this is 2000–2010, and for mineral building materials – 2010–2022. It should be noted that if the absolute maximum shares of hard coal and mineral building materials

are close (and amount to about 30 %), then the decrease from the maximum level of the share of mineral building materials was much more significant than that of hard coal.

At the same time, the change in the shares of coal and mineral construction materials occurred in antiphase: an increase in the share of one cargo was accompanied by a decrease in the share of the other. The decline in the share of coal from the late 1950s to the early 1990s freed up capacity and loading resources to increase railway transportation of mineral building materials. Conversely, the return to the dominance of coal in railway transportation after 2005 appears to have been a factor in the shift of a significant portion of its traffic to other modes of transport (road as well as river transport). Between coal and mineral building cargo, although there are significant economic similarities (relatively low cost of the cargo itself and, accordingly, low profitability of their transportation), there is also an important difference. The transportation distance for coal is significantly higher than the average distance, and the transportation range of mineral and building materials, on the contrary, is small<sup>4</sup>.

Accordingly, coal gravitates towards railways. The coefficient of its transportation by rail was already about 70 % at the end of 19<sup>th</sup> century [12, P. 246], and then became close to 100 % [44]. And mineral building materials, as noted above, are mainly transported within the range where road transport is competitive.

In the long term, decarbonisation of the

<sup>4</sup> N. P. Tereshina, V. G. Galaburda, V. A. Tokarev [et al]. Economics of railway transport. Ed. by N. P. Tereshina, B. M. Lapidus. Moscow, TMC for education on railway transport, 2011, P. 226.

**Table 4**  
**Long-term transformation of the commodity structure  
of transportation on domestic railways**

Years*	TOP-3 of cargo		Main cargo		Qualitative characteristics of the commodity structure of transportation
	Name	Share, %	Name	Share, %	
1876–1878 (on average)	Grain cargo Coal Forest building materials	48	Grain cargo	31,9	Mixed
1895–1897 (on average)	Grain cargo Coal Forest building materials	43,5	Grain cargo	20,4	Diversified
1899	Coal Grain cargo Forest building materials	39,6	Coal	17,5	Diversified
1913	Coal Grain cargo Forest building materials	44,4	Coal	22,1	Diversified
1928	Coal Mineral building materials Forest building materials	43,5	Coal	19,5	Diversified
1940	Coal Mineral building materials Grain cargo	51,2	Coal	24,5	Mixed
1950	Coal Mineral building materials Forest building materials	58,1	Coal	30,6	Concentrated
1960	Coal Mineral building materials Forest cargo	56,5	Coal	24,8	Mixed
1970	Mineral building materials Coal Oil cargo	55,5	Mineral building materials	23,9	Mixed
1980	Mineral building materials Coal Oil cargo	56,6	Mineral building materials	25,7	Concentrated
1990	Mineral building materials Coal Oil cargo	58,7	Mineral building materials	29,4	Concentrated
1995	Coal Mineral building materials Oil cargo	62,0	Coal	23,9	Mixed
2000	Coal Mineral building materials Oil cargo	60,0	Coal	23,2	Mixed
2005	Mineral building materials Coal Oil cargo	64,5	Mineral building materials	25,4	Concentrated
2010	Coal Oil cargo Mineral building materials	57,9	Coal	22,3	Mixed
2015	Coal Oil cargo Mineral building materials	60,4	Coal	26,7	Concentrated
2020	Coal Oil cargo Mineral building materials	57,8	Coal	28,4	Concentrated
2022	Coal Oil cargo Mineral building materials	59,0	Coal	28,7	Concentrated

\* Before 1913 – data on the railway network of the Russian Empire, 1928–1990 – USSR, since 1995 – the Russian Federation  
Source: Developed by the authors.



economy may lead to a decrease in the share of coal in railway transportation [16]. Mineral building cargo can be considered as a «candidate» to replace coal transportation, similar to how it was in the 1960s – 1980s. This, of course, will require an appropriate «tuning» of transportation technology and ensuring its high efficiency, allowing one to combine a level of tariffs acceptable for cargo owners with transportation efficiency necessary for transport companies.

To assess the long-term transformation of the commodity structure of railway transportation, it is of interest to analyse the changes in the leading cargo shipments in terms of shipment volume and their share in the total shipment volume (Table 4).

Changes in the composition of three leading cargoes, as can be seen from Table 4, occurred gradually, and the role of the main cargo for the entire century and a half belonged alternately to grain cargo, coal and mineral building materials. Moreover, the last two cargoes have replaced each other in the first position several times over the period from 1970 to the present.

It should be noted that there are significant fluctuations in both the total share of the three main cargoes (from 39,6 % to 64,5 %) and the main cargo (from 17,5 % to 30,6 %) – in both cases the differences are more than by one and a half times.

Transport (as well as commodity) markets are usually assessed based on distribution of shares between market players (sellers of transport services) [45, pp. 57–62]. However, for the railway cargo transportation market, its characteristics in terms of distribution of shares between the serviced industries, the demand of which is met by transport companies, are of no less interest. This distribution is manifested precisely in the commodity structure of the transportation market. If the total share of three main cargoes exceeds 50 % and, at the same time, the share of the main cargo exceeds 25 %, the product structure can be characterised as concentrated. Otherwise (the share of TOP-3 is less than 50 % and the share of the main cargo is less than 25 %) – as diversified. In other cases, the product structure can be characterised as mixed.

As can be seen from Table 4, if at the end of 19th – beginning of 20th century the commodity structure of railway transportation was diversified, and then mixed and concentrated structures alternated, then in 21st century the concentrated

structure prevails. Although a high concentration in transportation of certain goods gives railway transport some advantages in terms of customising transportation technology and ensuring its efficiency, it also makes transport companies dependent on the conditions of a small number of industries and vulnerable if they deteriorate. Therefore, in the future, it is advisable to diversify the commodity structure of railway transportation.

## CONCLUSION

The sesquicentennial transformation of the commodity structure of the railway transportation market reflects the industrialisation of the economy and the energy transition to the predominant use of fossil fuels (first coal, then, increasingly, oil) [46], and since the mid-20<sup>th</sup> century, a large-scale redistribution of traffic between modes of transport associated with the dynamic construction of roads and pipelines [40; 41; 44]. The analysis shows that, despite the gradual change in this structure, in the long term the share of cargo that occupied leading positions in it may decrease to a low level (grain, timber cargo) or even practically to zero (firewood), and vice versa, cargo that accounted for a small share of transportation, can significantly increase their importance for the transport market (oil cargo, chemical and mineral fertilisers).

The adaptation of railway transport to significant changes in the commodity structure of transportation (which entail both changes in the directions of cargo flows and changes in requirements for transportation technology) indicates the high adaptability of the capital goods of the industry, and therefore the prospects of investment in its development.

Noteworthy is the consistently high share of ferrous metals in the transportation structure and the confident return to the role of the main cargo of coal, which first occupied this position at the end of 19<sup>th</sup> century. This is due not only to the significant share in the country's economy of industries producing relevant products, but also to the high degree of compliance of the technological features of railway transport with the needs of the shippers of these goods.

The concentrated commodity structure of railway transportation that emerged at the beginning of 21<sup>st</sup> century with the dominance of coal, considering the low profitability of coal transportation for railways [36; 37], and the unfolding, albeit gradual, decarbonisation of the

economy [16; 46], is not effective and promising. Its long-term diversification is necessary based on implementation of both marketing and technical and technological innovations [19; 47]. At the same time, customer-oriented improvement of cargo transportation technology is of key importance [48; 49]. An important role in the long-term diversification of railway cargo transportation can be played by the creation, based on a synthesis of marketing and technical and technological innovations, focused on the most promising market segments, of new transport products that are attractive to cargo owners and effective for transport companies.

## REFERENCES

1. Valeev, N. A. Positioning of railway transport in the market of transport services [Pozitsionirovaniye zhelezodorozhnoy transporta na rynke transportnykh uslug]. *Ekonomika zheleznykh dorog*, 2023, Iss. 5, pp. 25–34. EDN: DAUYLM.
2. Golts, G. A. Culture, economics, transport: ways to use relationships in forecasting [Kultura, ekonomika, transport: puti ispolzovaniya vzaimosvyazi v prognozirovaniy]. *Problemy prognozirovaniya*, 2000, Iss. 1, pp. 152–167. EDN: HRTDXZ.
3. Davydov, M. A. Stolypin's theorem [Teorema Stolypina]. St. Petersburg, Aletheia publ., 2022, 838 p. ISBN 978-5-00165-433-9.
4. Macheret, D. A. Dynamics of railway cargo transportation as a macroeconomic indicator [Dinamika zhelezodorozhnykh perevozok gruzov v makroekonomicheskij indikator]. *Ekonomicheskaya politika*, 2015, Vol. 10, Iss. 2, pp. 133–150. EDN: TQCFWP.
5. Ryshkov, A. V. Cargo base of mainline railway transport: essence and methods of analysis [Gruzovaya baza magistralnogo zhelezodorozhnoy transporta: sushchnost i metodika analiza]. Nauka i tekhnika transporta, 2008, Iss. 3, pp. 71–82. EDN: JUKUAZ.
6. Podsrin, V. A., Ovsyannikova, E. N. Justification of the economic mechanism for managing a transport company based on a comprehensive assessment of the economic situation [Obosnovanie ekonomicheskogo mehanizma upravleniya transportnoi kompaniei na osnove kompleksnoi otsenki ekonomicheskoi konyunktury]. *Bulletin of the Academic Council of JSC «IERT»*, 2023, Iss. 8–2, pp. 7–15. EDN: SWKKQS.
7. Pekhterev, F. S., Zamkovoy, A. A. On formation of scientific tasks for creation of an integral Euro-Asian system in the context of development of international transport corridors [O formirovaniyu nauchnykh zadach po sozdaniyu integralnoi evroaziatskoi sistemy v kontekste razvitiya mezhdunarodnykh transportnykh koridorov]. *Bulletin of the Joint Scientific Council of JSC Russian Railways*, 2018, Iss. 1, pp. 28–36. EDN: VZBDHF.
8. Ledney, A. Yu. Development of methodological approaches to assessing the economic efficiency of transport infrastructure development, taking into account the volume and unevenness of transportation. Ph.D. (Economics) thesis [Razrabotka metodicheskikh podkhodov k otsenke ekonomicheskoi effektivnosti razvitiya transportnoi infrastruktury s uchetom obemov i neravnomernosti perevozok. Diss... kand.ekon.nauk]. Moscow, RUT (MIIT) publ., 2020, 176 p.
9. Management of marketing activities in transport: monograph [Upravlenie marketingovoi deyatel'nostyu na
- transporte: monografiya]. Ed. by V. G. Galaburda and Yu. I. Sokolov. Moscow, RUT (MIIT) publ., 2018, 300 p. ISBN: 978-5-7876-0282-1.
10. Chuprov, A. I. Railway facilities. Its economic characteristics and its relationship to the interests of the country [Zheznodorozhnoe khozyaistvo. Ego ekonomicheskie osobennosti i ego otnosheniya k interesam strany]. Moscow, Printing house of A. I. Mamontov and Co., 1875, 362 p.
11. Myasoedov-Ivanov, V. A. Operation of railways: General information. Traffic service: summary of lectures by prof. Myasoedov-Ivanov [Ekspluatatsiya zheleznykh dorog: Obshchie svedeniya. Sluzhba dvizheniya: krat. Izlozh. lektssi prof. Myasoedova-Ivanova]. Institute of Railway Engineers of Alexander I. St. Petersburg: Printing house Yu. N. Erlikh, 1910, 158 p.
12. Centenary of railways [Stoletie zheleznykh dorog]. Moscow, Transpechat publ., 1925, 261 p.
13. Kreinin, A. V. Development of the system of railway freight tariffs and their regulation in Russia (1837–2007) [Razvitiye sistemy zhelezodorozhnykh gruzovykh tarifov i ikh regulirovaniye v Rossii (1837–2007)]. Moscow, Publishing House of the International University in Moscow, 2010, 268 p. ISBN: 978-5-9248-0078-4.
14. Khusainov, F. I. Railway tariffs in the USSR and Russia in the second half of XX – early XXI centuries [Zheznodorozhnie tarify v SSSR i Rossii vo vtoroi polovine XX – nachale XXI v.]. *Transport Information Bulletin*, 2016, Iss. 3, pp. 8–19. EDN: VOMRYL.
15. Lapidus, B. M. Advanced development of railway transport – the choice made by the time [Operezhayushcheye razvitiye zhelezodorozhnoy transporta – výbor vremeni]. *Bulletin of the Joint Scientific Council of JSC Russian Railways*, 2018, Iss. 5–6, pp. 1–16. EDN: VUQJFM.
16. Lapidus, B. M., Macheret, D. A. The influence of the environmental paradigm on the long-term development of railway transport [Vliyanie ekologicheskoi paradigm na dolgosrochnoe razvitiye zhelezodorozhnoy transporta]. *Ekonomika zheleznykh dorog*, 2016, Iss. 9, pp. 12–24. EDN: WIDHSL.
17. Lukyanova, O. V., Khusainov, F. I. Prospects for competition in railway and road transport [Perspektivy konkurentsiyi zhelezodorozhnogo i avtomobilnogo transporta]. *Transport Information Bulletin*, 2013, Iss. 11, pp. 3–14. EDN: REAFLH.
18. Razuvaev, A. D. Sovremennik Magazine about the Railways (socio-economic analysis). *World of Transport and Transportation*, 2020, Vol. 18, Iss. 2 (87), pp. 260–269. EDN: HQEGDV. DOI: 10.30932/1992-3252-2020-18-260-269.
19. Izmaikova, A. V. Classification of innovations in railway transport and the investment factor of their implementation [Klassifikatsiya innovatsii na zhelezodorozhnom transporte i investitsionnyi faktor ikh realizatsii]. *Bulletin of the Scientific Research Institute of Railway Transport*, 2015, Iss. 3, pp. 35–41. EDN: TUVQPD.
20. Schenk, F. B. Russlands Fahrt in die Moderne. Mobilität und sozialer Raum im Eisenbahnzeitalter. Stuttgart, Franz Steiner, 2014, 456 p. [Electronic resource]: [https://www.academia.edu/9342941/Russlands\\_Fahrt\\_in\\_die\\_Moderne\\_Mobilitat\\_und\\_sozialer\\_Raum\\_im\\_Eisenbahnzeitalter\\_Stuttgart\\_2014](https://www.academia.edu/9342941/Russlands_Fahrt_in_die_Moderne_Mobilitat_und_sozialer_Raum_im_Eisenbahnzeitalter_Stuttgart_2014). Last accessed 17.08.2023.
21. Solovyova, A. M. Railway transport of Russia in the second half of 19<sup>th</sup> century [Zhelezodorozhniy transport Rossii vo vtoroi polovine XIX v.]. Moscow, Nauka publ., 1975, 318 p.
22. Davydov, M. A. Twenty years before the Great War: Russian modernisation by Witte-Stolypin [Dvadsat let do Velikoi voiny: rossiiskaya modernizatsiya Vitte-Stolypina]. St. Petersburg, Aletheia publ., 2016, 1081 p. ISBN 978-5-906705-04-4.
23. Macheret, D. A. Railway Network Development and the «Big Economic Breakthrough» in Russia. *World of*



- Transport and Transportation*, 2022, Vol. 20, Iss. 5 (102), pp. 104–112. EDN: TNJMEP. DOI: 10.30932/1992-3252-2022-20-5-12.
24. Zagorsky, K. Ya. *Transport Economics [Ekonomika transporta]*. Moscow-Leningrad, Gosizdat publ., 1930, 368 p.
25. Macheret, D. A. Creation of Railway Network and Acceleration of Development Of Russia. *World of Transport and Transportation*, 2012, Vol. 10, Iss. 4 (42), pp. 184–192. EDN: PFFKVX.
26. Lyashchenko, P. I. History of the national economy of the USSR [*Istoriya narodnogo khozyaistva SSSR*]. Volume II. Capitalism. Moscow, Gospolitizdat publ., 1952, 736 p.
27. Gibshman, A. E., Danilov, S. K., Dmitriev, V. I. [et al]. *Transport Economics [Ekonomika transporta]*. Ed. by S. K. Danilov. Moscow, Transzheldorizdat publ., 1958, 711 p.
28. Théry, E. La transformation économique de la Russie. Transl. from French. Moscow, ROSSPEN publ., 2008, 183 p. ISBN 978-5-8243-0985-0.
29. Wolfson, L. Ya., Ledovskoy, V. I., Shilnikov, N. S. *Transport Economics [Ekonomika transporta]*. Moscow, Transzheldorizdat publ., 1941, 688 p.
30. Macheret, D. A. The economy of the first five-year plans in the «mirror» of railway transport [*Ekonomika pervykh pyatiletok v «zerkale» zheleznodorozhного transporta*]. *Ekonomscheskaya politika*, 2015, Vol. 10, Iss. 4, pp. 87–112. EDN: UDFIRV. DOI: 10.18288/1994-5124-2015-4-05.
31. Dedkov, N. I., Bordygov, G. A., Sheherbakova, E. I. [et al]. History for economists [*Istoriya dlya ekonomistov*]. Ed. by A. D. Nekipelov and S. N. Katyrin. Volume two. Moscow, AIRO-XXI publ., 2018, 1056 p. ISBN 978-5-91022-406-7.
32. History of railway transport in Russia, 19<sup>th</sup> – 21<sup>st</sup> centuries [*Istoriya zheleznodorozhного transporta Rossii, XIX–XXI vv.*]. Ed. by E. I. Pivovar. Moscow, Meshcheryakov Publishing House, 2012, 736 p. ISBN 978-5-91045-509-6.
33. Belov, I. V., Gibshman, A. E., Dmitriev, V. I. [et al]. *Economics of railway transport [Ekonomika zheleznodorozhного transporta]*. Ed. by E. D. Khanukov. Moscow, Transport publ., 1969, 424 p.
34. Macheret, D. A., Kudryavtseva, A. V. Retrospective Analysis of Efficiency of Railway Freight Operations. *World of Transport and Transportation*, 2018, Vol. 16, Iss. 4 (77), pp. 102–115. EDN: YATMCL.
35. Khusainov, F. I. Railway transportation market in 2022 [*Rynok zheleznodorozhnykh perevozok v 2022*]. *Ekonomskaia zheleznichnaia doroga*, 2023, Iss. 3, pp. 46–72. EDN: OTIXIZ.
36. Khusainov, F. I., Ozhereleva, M. V. On transportation of fuel and energy cargo by rail in 2018 [*O perevozakh gruzov toplivno-energeticheskogo kompleksa zheleznodorozhnym transportom v 2018 godu*]. *Ekonomskaia zheleznichnaia doroga*, 2019, Iss. 8, pp. 70–84. EDN: KFSGEQ.
37. Khusainov, F. I., Ozhereleeva, M. V. Influence of Tariff Policy of Railways on Competitiveness of Coal Industry. *World of Transport and Transportation*, 2016, Vol. 12, Iss. 5, pp. 84–95. EDN: YSQFQZ.
38. Macheret, D. A. Theoretical Comprehension of the Role of Transport in Ensuring Long-Term Economic Development. *World of Transport and Transportation*, 2020, Vol. 18, Iss. 4 (89), pp. 6–33. EDN: VFKSND. DOI: 10.30932/1992-3252-2020-18-06-33.
39. Lapidus, B. M. Transport science for innovative development of railway transport [*Transportnaya nauka dlya innovatsionnogo razvitiya zheleznodorozhного transporta*]. *Bulletin of the Joint Scientific Council of JSC Russian Railways*, 2017, Iss. 4, pp. 5–9. EDN: ZXFELV.
40. Podsolin, V. A., Ovsyannikova, E. N., Dunaev, M. V. Typology of modes of transport in the system for assessing market conditions [*Tipologiya vidov transporta v sisteme otseki konyunktury rynka*]. *Transportnoe delo Rossii*, 2020, Iss. 4, pp. 163–168. EDN: BHEYAK.
41. Sokolov, Yu. I., Kotsoeva, V. S. Economic problems of the current distribution of cargo flows by mode of transport [*Ekonomscheskie problem slozhivshegosya raspredeleniya gruzopotokov po vidam transporta*]. *Transportnoe delo Rossii*, 2023, Iss. 3, pp. 161–163. EDN: MBRCRG. DOI: 10.52375/20728689\_2023\_3\_161.
42. Dubrovina, V. I. Economic justification of directions for increasing the competitiveness of railway transportation of containerised cargo. Ph.D. (Economics) thesis [*Ekonomscheskoe obosnovanie napravlenii povysheniya konkurentosposobnosti zheleznodorozhnykh perevozok kontaineroprigodnykh gruzov. Dis... kand. ekon. nauk*]. Moscow, MGUPS (MIIT) publ., 2014, 171 p. zheleznodorozhnykh-?ysclid=lvf9zsr9oa674505881. Last accessed 24.11.2023.
43. Golts, G. A. Long-term historical trends as a factor in economic forecasting: transport, economics, demography [*Dolgovremennie istoricheskie trendy kak faktor ekonomicheskogo prochnozirovaniya: transport, ekonomika, demografija*]. *Problemy prochnozirovaniya*, 2004, Iss. 2, pp. 25–36. EDN: HRRLD.
44. Khachaturov, T. S. *Economics of transport [Ekonomika transporta]*. Moscow, Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1959, 588 p.
45. Khusainov, F. I. Assessment of the level of competition in the market of services of railway rolling stock operators in 2019 [*Otsenka urovnya konkurentnosti na rynke uslug operatorov zheleznodorozhnoy podvizhnogo sostava v 2019 godu*]. *Ekonomskaia zheleznichnaia doroga*, 2019, Iss. 9, pp. 56–67. EDN: UYTPNP.
46. Smil, V. *Energy and Civilization: A History*. Cambridge, MA, The MIT Press, 2017, 564 p. DOI: 10.7551/mitpress/10752.001.0001. ISBN 9780262338301.
47. Tulupov, A. V., Beloshitsky, A. V., Shitov, E. A., Shitova, Yu. A. Innovative, Scientific and Technological Priorities of Railway Freight Transport. *World of Transport and Transportation*, 2021, Vol. 19, Iss. 5 (96), pp. 58–68. EDN: GCRSXY. DOI: 10.30932/1992-3252-2021-19-5-7.
48. Vinogradov, S. A., Mekhedov, M. I., Vakulenko, S. P., Yakuben, A. Yu. Prospects for development of accelerated cargo transportation [*Perspektivnyy razvitiya uskorennykh gruzovikh perevozok*]. *Zheleznodorozhnyi transport*, 2021, Iss. 4, pp. 10–15. EDN: BXHFJJ.
49. Vinogradov, S. A., Mekhedov, M. I., Khomov, A. V., Shvedin, K. I. Development of cargo transportation in intermodal transport cargo units [*Razvitiye perevozok gruzov v intermodalnykh transportnykh gruzovikh edinitsakh*]. *Zheleznodorozhnyi transport*, 2022, Iss. 2, pp. 7–11. EDN: JIPIRK.

#### Information about the authors:

**Macheret, Dmitry A.**, D.Sc. (Economics), Professor, First Deputy Chairman of the Joint Scientific Council of JSC Russian Railways, Professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, macheretda@rambler.ru.

**Macheret, Anton D.**, Student at Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia, antonmacheret@yandex.ru.

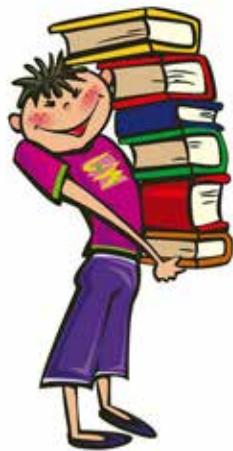
Article received 04.09.2023, approved 27.10.2023, accepted 14.11.2023.

# 77



## REVIEW 288

*Returning to a topic: legal aspects of operation of autonomous transport systems.*



## BIBLIO-DIRECTIONS



## SELECTED ABSTRACTS OF D.SC. THESES 293

- Sustainable development of cargo logistics chains.
- Mechanical stabilisation of subgrade foundation soils with geosynthetic materials laid under the sleepers.

## NEW BOOKS 296

*New books on transport and transportation intended for transport employees, recently printed or posted online by Russian publishing houses and universities.*





# Unmanned Systems: Dynamics of Operational Boundaries and Prospects for Legal Regulation to Minimise Risks



Ivan V. Kholikov

*Ivan V. Kholikov**Institute of Legislation and Comparative Law under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia.  
✉ iv\_kholik@mail.ru.***ABSTRACT**

*Zemlin, A. I., Matveeva, M. A., Gots, E. V. Current problems of minimising risks arising from the use of unmanned vehicles in a metropolis: system and legal analysis: Monograph [Aktualnie problemy minimizatsii riskov, vznikayushchikh v svyazi s ispolzovaniem bespilotnykh avtomobilei v usloviyakh megapolisa: sistemno-pravovoi analiz: Monografiya]. Moscow, KnoRus publ., 2023, 190 p. ISBN 978-5-406-12803-9.*

The article is a review of the monograph "Current problems of minimising risks arising from the use of unmanned vehicles in a metropolis: system and legal analysis", prepared by academic staff of Russian University of Transport. The relevance of the topics included in the content of the monograph, the breadth of their coverage allows solving several tasks. In

particular, the tools of historical-legal, comparative-legal and system-legal approaches facilitate the analysis and comprehension of the concepts of risk-based approach in the interests of monitoring, visualisation and development of management decisions to minimise threats in the context of various types of activities. The review especially emphasises the significance of the proposals formulated based on the results of the study, the implementation of which will minimise, through the integrated use of legal instruments, the risks of operating unmanned vehicles on public roads, which is important for ensuring the efficiency and safety of their operation, in the context of the development needs of the Russian economy, the achievement of national goals and strategic positioning of the Russian Federation in the modern world.

**Keywords:** unmanned systems, unmanned vehicles, road traffic safety, risk-based approach, threat minimisation, legal regulation.

*For citation:* Kholikov, I. V. Unmanned Systems: Dynamics of Operational Boundaries and Prospects for Legal Regulation to Minimise Risks. *World of Transport and Transportation*, 2024, Vol. 22, Iss. 1 (110), pp. 288–292. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-17>.

*The original text of the review article in Russian is published in the first part of the issue.*

*Полный текст статьи-рецензии на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.*

**C**risis events of the last decade associated with deformation of the world order system [1–3], rethinking the role of society, state and law [4–5], the state of modern international relations, economic, social, legal problems, the emergence of new threats to peace, security and sustainable development [6–8] are taking place against the background of rapid development of technologies [9–10], the very existence of which seemed simply unthinkable just recently.

This fully applies to unmanned systems, the use of which was previously limited to the military and security spheres, mainly due to the use of unmanned aerial vehicles [11] and unmanned maritime systems [12], as well as individual projects in agriculture, environmental monitoring and delivery of small items to hard-to-reach areas.

A series of pandemics of various infectious diseases [13–16], the most significant of which was the COVID-19 pandemic<sup>1</sup>, and the apocalyptic scenarios associated with them, served as an additional trigger for development of futuristic technologies. Drones have evolved into sophisticated transport systems capable of delivering significant payloads over significant distances. Driverless trains, ships and cars are no longer surprising. Delivery robots appeared on the streets of large cities, including Moscow. During the lockdown, they were used to deliver medicines to patients and tests from patients to medical laboratories; compliance with sanitary and lockdown measures in cities was monitored by patrol unmanned vehicles.

However, despite the increasingly active introduction of unmanned systems into our daily lives, one of the most significant problematic issues is the legal regulation of admission to operation and the subsequent use of unmanned vehicles. This applies to a greater extent to unmanned vehicles, as a source of increased danger, especially in a metropolitan area.

In this regard, it is no coincidence that the Concept for ensuring road traffic safety with participation of unmanned vehicles on public roads<sup>2</sup> specifically notes that new technologies introduced in vehicles can create additional risks for road traffic safety, therefore the task of the Concept is to

<sup>1</sup> Zemlin, A. I., Zemlina, O. M., Klyonov, M. V., Openyshev, O. S., Kholikov, I. V. Organisational and legal foundations of functioning of the transport system in a difficult epidemiological situation: Textbook. Ed. by A. I. Zemlin, I. V. Kholikov. Moscow, Ru-science publ., 2020, 310 p. ISBN: 978-5-4365-6523-1.

<sup>2</sup> Approved by the Order of the Government of the Russian Federation dated March 25, 2020, No. 724-R.

minimise both existing and potential risks in the interests of the entire society. At the same time, Russia's lag in matters of prompt and mass introduction of highly automated vehicles into the national transport system is determined, not least, by the presence in the Russian law of a few conflicts and gaps that negatively affect the processes of using innovative transport technologies [17]. At the same time, critical assessment of the content of the decisions proposed within the framework of the rule-making initiative indicates their lack of scientific thoroughness.

These issues can be resolved by understanding the risks that arise in connection with changes in the principles and legal framework of the transport safety system, and in subsequent development of new approaches to traffic management that consider the appearance of unmanned vehicles on roads. This is the subject of the monograph by A. I. Zemlin, M. A. Matveeva and E. V. Gots «Current problems of minimising risks arising from the use of unmanned vehicles in a metropolis: system and legal analysis» [18], published with the financial support of Russian Science Foundation within the framework of scientific project No. 22–28–20334 «Legal means of ensuring safety of the use of unmanned vehicles in a metropolis»<sup>3</sup>.

In the work under review, based on the need to achieve the goal of identifying and composing a typology of the risks of ensuring the safe use of unmanned vehicles, as well as preparing on this basis proposals for improving the system of legal regulation in this area in fundamentally new conditions, a number of scientific problems were solved. In particular, using the tools of historical-legal, comparative-legal and system-legal approaches, the concepts of using a risk-based approach in the interests of monitoring, visualisation and development of management decisions to minimise threats in the context of various types of activities have been analysed and comprehended. A critical understanding of the paradigmatic foundations of application of the risk-based approach in various spheres of social production and socio-economic relations made it possible to formulate and adapt to the needs of the research a systematically ordered set of terms and concepts used in scientific circulation and in rule-making activities related to the regulation of social relations, arising during the process of admission

<sup>3</sup> <https://rscf.ru/project/22-28-20334>. Last accessed 05.12.2023.





to operation and subsequent use of unmanned vehicles, taking into account the specifics of the application of a risk-based approach.

The use of methods of formal dogmatic analysis of the norms of Russian legislation, a system understanding of the opinions of scientists who studied the problems of using a risk-oriented approach in the interests of minimising threats in the process of emergence, change and termination of social relations in homogeneous and single-type relations was due to the need to identify general and specific characteristics of the risk-oriented approach methodology and provided the opportunity to determine the fundamental principles of building a risk management system that arises in the process of admission to operation and subsequent use of unmanned vehicles, ensuring development on a legal basis of management decisions to minimise threats to the safe use of unmanned vehicles in the metropolis.

The model for constructing a typology of risks associated with the emergence and increasingly widespread use of unmanned vehicles on public roads, presented based on the results of the study, can contribute not only to subsequent construction of a system with admission and subsequent use of unmanned vehicles, including in a metropolis, but also to the solution of tasks to develop an orderly and systemically interconnected set of legal measures aimed at preventing violations of the procedure for admission to operation and use of unmanned vehicles, establishing measures of liability for violations in the area under study using the potential of various branches of law.

The theoretical conclusions and practical proposals put forward in the monograph can serve the purposes of forming an orderly system of legal terms and categories used in legal acts regulating relations related to the use of highly automated vehicles, the interests of determining directions for further scientific study of problems that are essential for innovative development of the economy and transport. Legalisation in Russian law of the proposals formulated based on the results of the study will make it possible to minimise, through the integrated use of legal means, the risks of operating unmanned vehicles on public roads, which is important for ensuring the efficiency and safety of their operation, in the context of development needs of the Russian economy and achieving national goals and strategic positioning of the Russian Federation in the modern world.

However, despite the high level of the research performed, it seems possible to make some critical remarks. Firstly, the study would greatly benefit from including the results of a comparative legal analysis of the legislation and law enforcement practices of foreign countries that widely use unmanned systems in their megacities. Studying and creatively borrowing useful foreign experience can enrich domestic science and practice and help avoid repeating possible mistakes. Secondly, some provisions formulated by the authors do not have a final, closed or exhaustive nature and are hypothetical in nature.

However, the comments made are rather advisory in nature and can become a reason for a meaningful scientific discussion, an incentive and a basis for further scientific study of the problem under study.

As has been repeatedly emphasised, the need for legal knowledge for employees of the transport industry, especially in modern conditions of development of digital technologies and the widespread use of artificial intelligence, can hardly be overestimated [19–20]. In this regard, there is an interest in a possibility of preparing, on the basis of the published monograph, of training programs for the purpose of teaching the legal foundations of operation of unmanned systems, the use of risk-based approaches, both in secondary vocational education institutions and in higher educational institutions, including Russian University of Transport.

It should be especially noted that the provisions presented in the monograph have received coverage on the pages of leading peer-reviewed journals examining transport legal issues and related aspects of various branches of scientific knowledge, which confirms the scientific integrity of the authors and the thoroughness of the conclusions given in the monograph. Thus, a number of scientific works already published by the authors of the monograph are devoted to the issues of theoretical and legal research of fundamental approaches to building a safety system when using unmanned vehicles [21, P. 33; 22, P. 60], clarification of the definition of «highly automated vehicle» [23, P. 117], «automated driving system» [24, P. 31; 25, pp. 53–54], etc., substantiating the need for legislative recognition of such types of support for an automated driving systems as: software; information support; organisational support; legal support [26, P. 147].

The authors paid significant attention to the study of the experience of legal support for

introduction of innovative vehicles at various historical stages of development of the Russian transport system [27, pp. 8–9].

Based on the application of the comparative legal method, the authors, in scientific publications preceding the monograph, examined the experience of legal consolidation of the provisions of legislative acts of developed countries that ensure introduction and operation of highly automated vehicles, which made it possible to draw conclusions regarding the degree of possibility and feasibility of applying the experience of these countries in Russia [28, P. 457; 29].

In several works, to ensure the safe use of unmanned vehicles, the authors substantiate the need to consolidate the fundamentals of licensing, maintenance, control and supervision of admission to the use and operation of highly automated vehicles [30, P. 55; 31, P. 116].

A significant number of publications by the authors of the monograph reveal the features of a highly automated car as an object of administrative and legal regulation and a means of causing harm and contain practical recommendations for eliminating organisational and legal barriers that impede the implementation and safe use of unmanned driving technologies [32, P. 189]. Issues of fair distribution of the negative consequences of harm caused due to the shortcomings of a highly automated car are also considered in great detail by the authors [33, P. 5].

The authors of the monograph have published works aimed at developing a conceptual framework for a risk management model that arises in the process of admission to operation and the actual operation of unmanned vehicles [33, P. 4].

In conclusion, it seems possible to emphasise that the monograph «Current problems of minimising risks arising in connection with the use of unmanned vehicles in a metropolis: system and legal analysis» is a complete system work devoted to significant theoretical and practical problems and will certainly be useful for professors, scientists, researchers and practitioners, as well as for everyone interested in the implementation and operation of unmanned systems.

## REFERENCES

1. Gavrilov, S. O., Glebov, I. N., Chukin, S. G. [et al.]. Law at the bifurcation point: discussion of the conceptual study of military problems of International Law (Discussion in the format of the «Round Table» based on the materials of Chapter 6 «Military problems of International Law» Volume III of the monograph «Military Law»). *Gosudarstvo i pravo*, 2022, Iss.12, pp. 59–67. DOI: 10.31857/S102694520023301-2.
2. Milovanovich, A., Kholikov, I. V., Naumov, P. Yu. Dynamics of Functioning of International Law in the Conditions of Transformation of Modern World Order: Post Non-Classic Approach. *Journal of Russian Law*, 2022, Vol. 26, Iss. 11, pp. 132–148. DOI: 10.12737/jrl.2022.122.
3. Kapustin, A. Ya., Avkhadeev, V. R., Aznagulova, G. M., Balkhaeva, S. B. [et al.]. Modern concept of interaction between international and domestic law: Monograph [*Sovremennaya kontseptsiya vzaimodeistviya mezhdunarodnogo i vnutrigosudarstvennogo prava: Monografija*]. Ed. by Kapustin, A. Ya. Moscow, Norma publ., 2023, 336 p. DOI: 10.12737/1926386.
4. Khabrieva, T. Ya. The legal system of the Russian Federation amid international integration. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 2015, Vol. 85, Iss. 3, p. 195. DOI: 10.7868/S0869587315030068.
5. Bolshakova, V. M., Kholikov, I. V., Naumov, P. Yu., Zelepukin, R. V. Values and meanings of the main judicial act of XX century: axiological concepts of A. N. Savenkov's book «Nuremberg: Verdict in the Name of Peace» (Discussion materials). *Gosudarstvo i pravo*, 2022, Iss. 10, pp. 51–62. DOI: 10.31857/S1026945200217887.
6. Kholikov, I. V. International legal aspects of countering modern military threats [*Mezhdunarodno-pravovie aspekty protivodeistviya sovremennym voennym ugrozam*]. *Sovremennoe pravo*, 2003, Iss. 6, pp. 27–31. EDN: ZBKHET.
7. Shumilov, V. M. International economic system and international law. *Social and political sciences*, 2021, Vol. 11, Iss. 3, pp. 26–31. DOI: 10.33693/2223-0092-2021-11-3-26-31.
8. Kholikov, I. V. Theoretical and legal aspects of international cooperation in the field of countering threats to economic security [*Teoretiko-pravovie aspekty mezhdunarodnogo sotrudничества v sfere protivodeistviya ugrozam ekonomicheskoi bezopasnosti*]. *Obrazovanie. Nauka. Nauchnie kadry*, 2012, Iss. 4, pp. 29–31. EDN: PBRNOJ.
9. Khabrieva, T. Ya. Technological revolutions and their projection in law [*Tekhnologicheskie revolyutsii i ikh proektsiya v prave*]. *Voprosy istorii*, 2022, Iss. 2–2, pp. 256–270. DOI: 10.31166/VoprosyIstorii202202Statyi33.
10. Khabrieva, T. Ya. Technological imperatives of the modern world and law [*Tekhnologicheskie imperativy sovremennoego mira i pravo*]. *Journal of Foreign Legislation and Comparative Law*, 2023, Vol. 19, Iss. 1, pp. 5–12. DOI: 10.12737/jzsp.2023.001.
11. Sazonova, K. L., Kholikov, I. V. International legal responsibility in the context of legal regulation of the military use of unmanned aerial vehicles [*Mezhdunarodno-pravovaya otvetstvennost v kontekste pravovoi reglamentatsii voennogo ispolzovaniya bespilotnykh letatelnykh apparatov*]. *Voennoe pravo*, 2017, Iss. 4 (44), pp. 217–226. [Electronic resource]: <https://russiandrone.ru/publications/mezhdunarodno-pravovaya-otvetstvennost-v-kontekste-pravovoy-reglamentatsii-voennogo-ispolzovaniya-be/ysclid=lujrkirypw476340102>. Last accessed 25.11.2023.
12. Kholikov, I. V. Some problematic issues of international legal regulation of the use of unmanned maritime systems for military purposes [*Nekotorie problemmie voprosy mezhdunarodno-pravovoi reglamentatsii ispolzovaniya bespilotnykh morskikh sistem v voennyykh tselyakh*]. *Voennoe pravo*, 2019, Iss. 6, pp. 276–283. [Electronic resource]: <http://www.voennopravo.ru/files/06-19.pdf>. [full text of the issue]. Last accessed 25.11.2023.
13. Zhdanov, K. V., Kholikov, I. V. Disease caused by the Ebola virus: from theory to practice [*Bolezni, vyzvyaemaya virusom Ebola: ot teorii k praktike*]. *Journal of Infectology*, 2015, Vol. 7, Iss. 1, pp. 5–17. DOI: <https://doi.org/10.22625/2072-6732-2015-7-1-5-17>.
14. Sazonova, K. L., Kholikov, I. V. The Ebola Response Team Deployment in the Guinea Republic: Organizational,



Ethical, Legal Issues and a Problem of Responsibility. Ethical Challenges for Military Health Care Personnel. Edited by Daniel Messelken and David Winkler. New York, Routledge, 2018, pp. 38–51. EDN: YAPOMH.

15. Zhdanov, K. V., Kholikov, I. V. Assisting the Republic of Guinea in combating the Ebola hemorrhagic fever epidemic [Okazanie pomoshchi Gvineiskoi Respublike v borbe s epidemiei gemorragicheskoi likhoradki Ebola]. *Voenno-meditsinsky zhurnal*, 2015, Vol. 336, Iss. 2, pp. 93–95. EDN: WCBFTZ.

16. Kholikov, I. V. The spread of epidemics, pandemics, and mass diseases as a contemporary global challenge. *Puti k miru i bezopasnosti*, 2020, Iss. 2 (59), pp. 27–40. DOI: 10.20542/2307-1494-2020-2-27-40.

17. Zemlin, A., Kholikov, I., Mamedova, I. Current Issues of Metro Safety Technical Regulations. In: Proceedings of the XIII International Scientific Conference on Architecture and Construction 2020. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 2021, Vol. 130, pp. 236–247. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-33-6208-6\\_24](https://doi.org/10.1007/978-981-33-6208-6_24).

18. Zemlin, A. I., Matveeva, M. A., Gots, E. V. Current problems of minimizing risks arising from the use of unmanned vehicles in a metropolis: system and legal analysis: Monograph [Aktualnie problemy minimizatsii riskov, voznikayushchikh v svyazi s ispolzovaniem bespilotnykh avtomobilei v usloviyakh megapolisa: sistemno-pravovoi analiz: Monografija]. Moscow, KnoRus publ., 2023, 192 p. ISBN 978-5-406-12803-9.

19. Kholikov, I. V. Legal Knowledge for Future Transport Employees. *World of Transport and Transportation*, 2020, Vol. 18, Iss. 4 (89), pp. 260–264. DOI: 10.30932/1992-3252-2020-18-260-264.

20. Kholikov, I. V. Law and Transport: Continuing the Topic. *World of Transport and Transportation*, 2020, Vol. 18, Iss. 4 (89), pp. 246–253. DOI: 10.30932/1992-3252-2020-18-246-253.

21. Zemlin, A. I. Current issues of legal regulation of functioning of highly automated cars in a metropolis. In: Legal support of transport policy and transport safety: experience, problems and prospects: Collection of scientific works based on the results of scientific events organised by the Department of Transport Law as part of the preparation and holding of science week at Law Institute of RUT, Moscow, May 25 – June 3, 2022. Moscow, LLC Ru-Science publ., 2022, pp. 32–40. EDN: QSLQBQ.

22. Zemlin, A. I. Problematic issues of legal regulation of relations related to the use of highly automated vehicles [Problemmie voprosy pravovogo regulirovaniya otnoshenii, syazannyykh s ispolzovaniem vysokoavtomatizirovannykh transportnykh sredstv]. *Journal of Russian Law*, 2022, Vol. 26, Iss. 12, pp. 58–69. EDN: BSMKWA.

23. 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. *World of Transport and Transportation*, 2022, Vol. 20, Iss. 4 (101), pp. 117–122. EDN: QLAYCZ. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-4-11>.

24. Zemlin, A. I. Problematic Issues of Legalisation of Concepts Used for the Purpose of Legal Regulation of Transport Relationships Involving Self-Driving Cars. *World of Transport and Transportation*, 2022, Vol. 20, Iss. 5 (102), pp. 29–34. EDN: RVBRST. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-4>.

25. Zemlin, A. I., Torshin, A. A. «Driver assistance system», or «automated control system»: issues of determining boundaries for public law and private law regulation [«Sistema pomoshchi voditelyu», ili «avtomatizirovannaya Sistema upravleniya»: voprosy opredeleniya granits dlya publichno-pravovogo i chastno-pravovogo regulirovaniya]. *Sovremennoe pravo*, 2022, Iss. 8, pp. 52–57. EDN: CLTLSU.

26. Zemlin, A. I., Matveeva, M. A., Gots, E. V., Torshin, A. A. Legal status of the driver of a highly automated car in the context of administrative and civil regulation [Pravovoi status voditelya vysokoavtomirovannogo avtomobilya v kontekste administrativno-pravovogo i grazhdansko-pravovogo regulirovaniya]. *Pravo i gosudarstvo: teoriya i praktika*, 2022, Iss. 10 (214), pp. 146–150. EDN: DCRKJH.

27. Gots, E. V. Issues of public legal regulation of public relations related to introduction of innovative vehicles in Russia: historical and legal analysis [Voprosy publichno-pravovogo regulirovaniya obshchestvennykh otnoshenii, syazannyykh s vnedreniem inovatsionnykh transportnykh sredstv v Rossii: istoriko-pravovoi analiz]. *Transportnoe pravo*, 2023, Iss. 4, pp. 7–10. DOI: 10.18572/1812-3937-2023-4-7-10.

28. Zemlin, A. I., Gots, E. V., Matveeva, M. A., Torshin, A. A. Counteracting the spread of the COVID-19 pandemic in megacities using unmanned vehicles: experience, legal and organizational aspects [Protivodeistvie rasprostraneniyu pandemii koronovirusnoi infektsii COVID-19 v megapolisakh s ispolzovaniem bespilotnykh avtomobilei: opyt, pravovie i organizatsionnie aspekty]. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2022, Vol. 14, Iss. 6, pp. 455–483. EDN: VOMTKE.

29. Zemlin, A. I., Matveeva, M. A., Gots, E. V., Torshin, A. A. Current problems of legal regulation of relations arising in connection with the use of highly automated cars [Aktualnie problemy pravovogo regulirovaniya otnoshenii, voznikayushchikh v svyazi s ispolzovaniem vysokoavtomatizirovannykh avtomobilei]. Moscow, LLC KnoRus publ., 2022, 172 p. ISBN 978-5-406-11096-6.

30. Zemlin, A. I. Problems of Ensuring Safe Operation of Highly Automated Vehicles Using the Potential of Public and Private Law. *World of Transport and Transportation*, 2023, Vol. 21, Iss. 2 (105), pp. 54–60. EDN: LUMNTS. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2023-21-2-6>.

31. Zemlin, A. I., Matveeva, M. A., Gots, E. V. Risk Management for the Safe Use of Highly Automated Vehicles in a Metropolis: Systems and Legal Analysis. *World of Transport and Transportation*, 2023, Vol. 21, Iss. 3 (106), pp. 115–122. EDN: QTZKJM. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2023-21-3-11>.

32. Zemlin, A. I., Matveeva, M. A., Gots, E. V. Current problems of legal support for operation of highly automated vehicles [Aktualnie problemy pravovogo obespecheniya ekspluatatsii vysokoavtomatizirovannykh transportnykh sredstv]. *Pravo i gosudarstvo: teoriya i praktika*, 2023, Iss. 9 (225), pp. 187–190. EDN: AKNQBF.

33. Zemlin, A. I. Conceptual basis for minimising the risks of safe use of unmanned vehicles in a metropolis: legal aspect [Kontseptualnie osnovy minimizatsii riskov bezopasnogo ispolzovaniya bespilotnykh avtomobilei v usloviyakh megapolisa: pravovoi aspekt]. *Transportnoe pravo*, 2023, Iss. 4, pp. 2–7. DOI: 10.18572/1812-3937-2023-4-2-7.

#### Information about the author:

**Kholikov, Ivan V.**, D.Sc. (Law), Professor of the Institute of Legislation and Comparative Law under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia, [iv\\_kholik@mail.ru](mailto:iv_kholik@mail.ru).

Article received 19.12.2023, approved 25.01.2024, accepted 27.01.2024.

**SELECTED ABSTRACTS OF D.SC.  
THESES SUBMITTED AT RUSSIAN  
TRANSPORT UNIVERSITIES**

*The text in Russian is published  
in the first part of the issue.*

*Текст на русском языке публикуется  
в первой части данного выпуска.*

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-18>.

**Osintsev, N. A. Methodological foundations for sustainable development of logistics chains of cargo flows. Abstract of D.Sc. (Eng) thesis [Metodologicheskie osnovy ustoichivogo razvitiya logisticheskikh tsepei gruzopotokov. Avtoref.dis... dokt.tekh.nauk]. Moscow, RUT publ., 2023, 48 p.**

The objective of the thesis work is to develop a methodological basis for sustainable development of logistics chains of cargo flows using the principles and tools of green logistics for effective promotion of cargo flows while simultaneously reducing the negative impact on the environment.

The results of the thesis research were used in carrying out research work commissioned by PJSC Magnitogorsk Iron and Steel Works, PJSC Uralasbest and Delta LLC. The results were reported at a meeting of the Regional Strategic Committee dedicated to the development of a strategy for socio-economic development of the Chelyabinsk region for the period until 2035.

The analysis of global and domestic experience in managing transport systems and supply chains revealed that the increase in production and consumption volumes has a negative impact on the environment, which led to an increase in carbon dioxide emissions from 23,1 to 31,5 Gt from 2000 to 2020. The need has been revealed to improve approaches to managing logistics chains of cargo flows for the conditions of the Russian Federation, which ranks 4<sup>th</sup> in the world in terms of CO<sub>2</sub> emissions and 75<sup>th</sup> in the world according to the LPI logistics efficiency index.

It has been established that the complexity of managing logistics chains of cargo flows lies in the absence of a universal system of logistics principles that ensure formation of a balance between the economic, social and environmental sustainability of cargo logistics chains (CLC); in the variety of approaches to the content of green solutions, which is the reason for the lack of consistency in their implementation in practice; in the absence of

an integrated and system approach to assessing all types of logistics flows, based on consideration of the relationship between indicators and parameters of flows from the perspective of the concept of sustainable development.

A new system of principles of green logistics has been formed based on a synthesis of the principles of logistics and the principles of sustainable development. The formulated 19 principles of green logistics are the basis for implementation by CLC elements of their key, basic or supporting functions to achieve sustainable development goals.

The methods and tools of green logistics were systematised. The systematisation is based on factors of sustainable development of CLC, as well as on the basic and supporting functions of all elements of the CLC to achieve sustainable development goals. The proposed system of methods and tools of green logistics includes 27 methods and 105 tools, ensuring the achievement of 13 sustainable development goals.

A concept for sustainable development of logistics chains of cargo flows has been developed. The basis of the concept is the idea of forming a balance between the economic, environmental and social sustainability of CLC, based on the use of principles, methods and tools of green logistics, multi-criteria methods and decision-making models for managing the parameters of logistics flows and elements of CLC.

An original system of indicators and parameters of logistics flows in CLC is proposed, including five groups of parameters (economic, energy-ecological, quality, statistical and controllable) and 15 indicators. A feature of the proposed system is assessment not of individual elements of CLC, but a comprehensive assessment of logistics flows for compliance with aspects of the concept of sustainable development and the effectiveness of management of CLC.

A methodology has been developed for determining the weighting coefficients of parameters and indicators of logistics flows in the CLC. The basis of the methodology is the idea of comparing the results of using various multi-criteria weighing methods to determine the weight of logistics flow indicators using fuzzy, Grey and traditional (CRISP) rating scales. This will make it possible to perform a comprehensive two-level assessment of the indicators of logistics flows in the CLC, determine the relationships both between groups of parameters and between indicators of



logistics flows, assess the strength of the influence of parameters (indicators) on each other, and ultimately determine the weight of each parameter (indicator) of the logistics flow in CLC.

A system has been proposed and a methodology has been developed for a comprehensive assessment and ranking of indicators of logistics chains of cargo flows using the DEMATEL method. The use of the methodology will allow to improve the quality of assessing the state of cargo flows for compliance with the SDGs to increase the efficiency of management decisions on the selection and use of green logistics tools.

A multi-criteria model for assessing CLC elements in formation of a sustainable development strategy for CLC has been developed. The model is based on the use of a combination of multi-criteria methods DEMATEL, BWM-SAW in combination with approximate interval numbers and STEEP analysis. The result of using the model is the ranking of management decisions (optimisation, constructive, changing the principles or changing the system) for all elements of the CLC under the influence of STEEP factors (social, technological, economic, environmental and political ones).

A combined MCDM model has been developed for ranking methods and tools of green logistics in CLC considering their impact on the parameters and indicators of CLC and achievement of sustainable development goals. The ranking of green logistics methods and tools is based on the integrated use of multi-criteria models of management decision-making. The results of using 14 multicriteria models showed high consistency (Spearman's rank coefficient averaged 0,689–0,919). The most consistent methods are WASPAS, MABAC, MARCOS, MAIRCA, SAW and COPRAS. The least consistent methods are CoCoSo, PROMETHEE, VIKOR and CODAS.

A mathematical model has been developed for determining the optimal combination of green logistics tools for their use by CLC elements, considering the available material, financial, information and service resources. The final decision on the implementation of a specific green logistics tool and the determination of its optimal parameters is made using the developed Grey linear programming mathematical model, which allows for flexibility, reliability and accuracy of assessment in conditions of lack and inaccuracy of information about the simulated objects.

The dependence of the increase in the effect of implementing green logistics tools on changes in the share of supply of logistics resources has been established. Redistribution of the share of logistics resources for implementation of tools within the range of 7,5–15 % allows us to achieve the maximum effect from implementation of tools in the CLC.

A methodology is proposed for managing the parameters of logistics chains of cargo flows to achieve sustainable development goals, based on identifying the parameters and indicators of CLC, building a fuzzy model of the relationship between parameters and indicators of CLC, assessing the sustainability of CLC and making decisions on selection and implementation of green logistics tools to bring manageable parameters of logistics flows in accordance with the required values and sustainable development goals.

Examples of implementation of green logistics tools of three types of management solutions for transport and mining enterprises are presented: optimisation, constructive and changing operating principles. The implementation of green logistics tools made it possible to increase the comprehensive sustainability indicator from an average of 0,39 to 0,48, economic efficiency by 8,69–10,77 %, environmental efficiency by 7,67–9,42 %, social efficiency by 8,47–10,5 %.

The main provisions and results of the thesis are recommended to be used by federal and regional authorities when developing strategic programs for formation and development of logistics transport systems; by managers of transport enterprises to assess the effectiveness of decisions on implementation of measures aimed at reducing the negative impact of transport on the environment; by potential investors when choosing options for projects to create logistics infrastructure based on forecasts of cargo flow parameters.

The prospect for further development of the thesis topic is formation of a logistics flow management system based on a combination of multi-criteria methods with simulation modelling. This will make it possible to evaluate the effectiveness of decisions on sustainable development of logistics centres, predict changes in the parameters and indicators of logistics flows and make decisions considering these changes.

#### 2.9.9. – *Logistics transport systems.*

*The work was performed at Nosov Magnitogorsk State Technical University, defended at Russian University of Transport.*

**Petryaev, A. V. Mechanical stabilisation of sleeper foundation soils with geosynthetic materials. Abstract of D.Sc. (Eng) thesis [Mekhanicheskaya stabilizatsiya gruntov podshpalnogo osnovaniya geosinteticheskimi materialami. Avtoref.dis... dokt.tekh.nauk]. St.Petersburg, PGUPS publ., 2023, 32 p.**

The objective of the work is to improve the design of the railway track through mechanical stabilisation of the sleeper foundation soils with geosynthetic materials.

The thesis solves a scientific problem of great economic importance, which is to improve the track design to ensure dependability of the sleeper base under increased vibration-dynamic load from passing trains. New scientifically based engineering solutions are outlined in the field of stabilisation of railway track under sleepers foundation with geosynthetic materials.

Based on complex long-term field studies carried out on heavy-duty and high-speed sections of the railway track, the features of distribution of amplitudes of vibration displacement of soil particles and the stress-strain state of the soil under the sleeper base of the railway track during their mechanical stabilisation with geosynthetic materials were identified.

A wide range of field surveys made it possible to identify directly proportional dependences of changes in vibration amplitudes, dynamic stresses and deformations on axial and linear loads, as well as train speed when stabilising the sleeper base with geosynthetic materials. Laying geogrids under ballast leads to a reduction in horizontal stresses in the under-rail zone and their more uniform distribution over the main area of the subgrade.

For the first time, the influence of geosynthetic material on changes in the strength and deformation characteristics of stabilised massifs has been established qualitatively and quantitatively. It has been established that deformation properties of ballast directly depend on the magnitude of the stresses that arise at the level of geosynthetic material layers and on its rigidity. Conducted studies of the behaviour of ballast under conditions of triaxial compression have shown the effectiveness of using a geogrid for its stabilisation.

As a result of experimental and theoretical studies, a mechanism for stabilising the sleeper base with geosynthetic materials has been identified, which consists in transversely limiting the mobility of soil grains. The effect of the mechanical stabilisation mechanism depends on the level of deformation. It has been established that laying geosynthetic material in ballast reduces its contamination with small particles formed during deformation of crushed stone.

A method has been developed for calculating the strength and stress-strain state of a sleeper base stabilised with geosynthetic materials, considering the decrease in the strength and deformation characteristics of soils under the influence of a vibro-dynamic load and its attenuation in the soils of the sleeper base. The calculations performed using the developed complex methodology are in good agreement with the data of laboratory and field studies.

The results of calculations using the developed methodology established that during the thawing period, significant shear deformations are concentrated on the main area of the subgrade in the under-rail section, which causes deformation of the subgrade observed in operating conditions. With mechanical stabilisation of the under-sleeper base, the concentration of shear deformations is localised in the area of geosynthetic material layer, while in the under-rail section on the main site it is reduced.

Analysis of data from field studies and numerical modelling, carried out based on the developed complex methodology, made it possible to propose new scientifically rationale approaches to development of effective design solutions for reducing deformability of the sleeper base when it is stabilised with geosynthetic materials. A rational depth for laying geosynthetic material has been established to effectively reduce the vibration-dynamic impact from passing trains. The technical and economic efficiency of practical solutions developed based on the research results has been confirmed during their implementation at Moscow, Far Eastern, Sverdlovsk and Oktyabrskaya Infrastructure Directorates – branches of JSC Russian Railways, in organisations developing measures to stabilise the under-sleeper base of the railway track.

The proposed direction for mechanical stabilisation of soils is one of the promising solutions in the field of creating engineering foundation structures. Due to inclusion of geosynthetic materials in the soil, it is possible to purposefully change its strength and deformation characteristics, as well as to reduce the unevenness of track settlement by changing the rigidity of the base. The choice of a rational type of stabilisation from a technological, economic and design point of view depends on the operating conditions of the railway track, the physical and mechanical properties of ballast and subgrade soils.

#### *2.9.2 – Railway track, survey and design of railways.*

*The work was completed and defended at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University.*





## NEW BOOKS ON TRANSPORT AND TRANSPORTATION

*The list of titles in Russian is published in the first part of the issue*

**Список на русском языке публикуется в первой части данного выпуска**

Anosov, V.N., Popov, N.S., Domakhin, E.A., Wilberger, M.E. Increasing the energy efficiency of the traction electric drive system of a trackless vehicle: Study guide [Povyshenie energeticheskoi effektivnosti sistemy tyagovogo elektroprivoda bezrelosovogo transportnogo sredstva: Ucheb. posobie]. Novosibirsk, NSTU Publishing House, 2023, 122 p. ISBN 978-5-7782-5089-5.

Budovich, L. S., Startseva, Yu. V., Yakushina, T. V. Economics of innovation and innovative business models: Study guide [Ekonomika innovatsii i innovatsionnie biznes-modieli: Ucheb.-metod. posobie]. Sterlitamak, AMI publ., 2023, 133 p. ISBN 978-5-907702-14-1.

Dobrodeev, A. A. Physical modelling of ocean engineering objects: Study guide [Fizicheskoe modelirovaniye obektov okeanotekhniki: Ucheb. posobie]. St. Petersburg, Publishing house of SPbGMTU, 2023, 124 p. ISBN 978-5-88303-673-5.

Ermilova, M. I., Gryzunova, N. V., Kosov, M. E., Tsertseil, Yu. S. Financial management: Textbook [Finansoviy menedzhment: Uchebnik]. Moscow, UNITI publ., 2023, 255 p. ISBN 978-5-238-03679-3.

Esaulova, I. A. Personnel development: Study guide [Razvitiye personala: Ucheb. posobie]. Perm, Perm National Research Polytechnic University Publishing House, 2023, 173 p. ISBN 978-5-398-02856-0.

Gerasimenko, A. A., Fedin, V. T. Electrical systems and networks: Study guide [Elektricheskie sistemy i seti: Ucheb. posobie]. Rostov-on-Don, Phoenix publ., 2023, 473 p. ISBN 978-5-222-38621-7.

Kashirina, A. M. Management of information resources and content: Study guide [Upravlenie informatsionnymi resursami i kontentom: Ucheb. posobie]. Novosibirsk, NSTU Publishing House, 2023, 69 p. ISBN 978-5-7782-4858-8.

Khvostova, M. S., Kurochkin, D. S., Kondratyeva, O. E., Loktionov, O. A. Innovative technologies for technosphere safety: Study guide [Innovatsionnie tekhnologii v tekhnosfernoi bezopasnosti: Ucheb. posobie]. Moscow, Publishing house MPEI, 2023, 59 p. ISBN 978-5-7046-2765-4.

Kosenko, S. A., Akimov, S. S. Construction, repair and maintenance of railway tracks: [construction of railways, bridges and transport tunnels]: Study guide [Ustroistvo, remont i soderzhanie zheleznodorozhnogo puti: [stroitelstvo zheleznykh dorog, mostov i transportnykh tonnelej]: Ucheb. posobie]. Moscow, TMC for education on railway transport, 2023, 179 p. ISBN 978-5-907479-77-7.

Kozin, E. S. Technological processes of vehicle maintenance and repair: Textbook [Tekhnologicheskie protsessy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobilei: Uchebnik]. Moscow, Academia publ., 2023, 185 p. ISBN 978-5-0054-0438-1.

Kulev, A. V., Kulev, M. V. Theory of transport processes and systems: cargo and passenger transportation: study guide [Teoriya transportnykh protsessov i sistem: gruzovye i passazhirskie perevozki: uchebnoe posobie]. Oryol, Turgenev OSU, 2023, 155 p. ISBN 978-5-9929-1344-6.

Kuzovkova, T. A., Sharanova, O. I. Fundamentals of digital economics: Study guide [Osnovy tsifrovoi ekonomiki: Ucheb. posobie]. 2<sup>nd</sup> ed., rev. and enl. Moscow, IPR Media, 2023, 147 p. ISBN 978-5-4497-1556-2.

Levin, D. Yu. Control of train assembling on railways: Study guide [Upravlenie poezdoobrazovaniem na zheleznykh

dorogakh: Ucheb. posobie]. Moscow, TMC education on railway transport, 2023, 350 p. ISBN 978-5-907479-83-8.

Mikhchalchuk, N. L., Kirillov, A. A. Technical diagnostics of traction rolling stock: Study guide [Tekhnicheskaya diagnostika tyagovofo podvizhnogo sostava: Ucheb. posobie]. Moscow, RUT (MIIT): ROAT, 2023, 121 p. ISBN 978-5-94976-096-3.

Nikiforov, B. V., Radaev, A. V., Romanovsky, V. V. Marine electric batteries: Study guide [Sudovie akkumulyatory: Ucheb. posobie]. St. Petersburg, GUMRF Publishing House, 2023, 242 p. ISBN 978-5-9509-0521-6.

Novichkov, S. V., Lubkov, V. I. Fundamentals of repair of thermal mechanical equipment of thermal power plants: Study guide [Osnovy proizvodstva remonta teploemekhanicheskogo oborudovaniya TES: Ucheb. posobie]. Moscow, IPR Media, 2023, 398 p. ISBN 978-5-4497-1810-5.

Rukina, A. M. Technology of the railway transportation process: Study guide [Tekhnologiya perevozochnogo protsessa na zheleznodorozhnom transporte: Ucheb. posobie]. Moscow, TMC for education on railway transport, 2023, 268 p. ISBN 978-5-907479-94-4.

Shlyushenkov, A. P., Zhirov, P. D., Bondarenko, D. A. Resistance to high-cycle fatigue of railway rolling stock: Study guide [Soprotivlenie mnogotsiklovoi ustalosti podvizhnogo sostava zheleznykh dorog: Ucheb. posobie]. Kursk, University Book publ., 2023, 186 p. ISBN 978-5-907776-61-6.

Smirnov, V. N. Construction of bridge structures: Study guide [Stroitelstvo mostovykh sooruzhenii: Ucheb. posobie]. Moscow, TMC for education on railway transport, 2023, 453 p. ISBN 978-5-907479-70-8.

Sukhov, V. D., Kiselev, A. A., Sazonov, A. I. Investment analysis: theory and practice: Textbook [Investitsionniy analiz: teoriya i praktika: Uchebnik]. 2<sup>nd</sup> ed., rev. Moscow, IPR Media, 2023, 233 p. ISBN 978-5-4497-1460-2.

Supranov, V. M., Maslov, R. S., Pleshanov, K. A. Heating surfaces of steam boilers: Study guide [Poverkhnosti nagreva parovykh kotlov: Ucheb. posobie]. Moscow, Publishing house MPEI, 2023, 82 p. ISBN 978-5-7046-2742-5.

Suvorin, A. V. Installation and operation of electrical equipment of power supply systems: Study guide [Montazh i ekspluatatsiya elektrooborudovaniya system elektrosnabzheniya: Ucheb. posobie]. Moscow, INFRA-M; Krasnoyarsk: SFU, 2023, 399 p. ISBN 978-5-16-018081-6.

Syanov, S. Yu. Theory of linear automatic control systems: Study guide [Teoriya lineinykh system avtomaticheskogo upravleniya: Ucheb. posobie]. Moscow, IP Ar Media, 2023, 173 p. ISBN 978-5-4497-1884-6.

Vakulenko, S. P., Kulikova, E. B., Madyar, O. N. Passenger transportation by rail: Textbook [Passazhirskie perevozki na zheleznodorozhnom transporte: Uchebnik]. Moscow, TMC for education on railway transport, 2023, 118 p. ISBN 978-5-907479-63-0.

Vasiliev, Ya. V., Evtyukov, S. A., Terentyev, A. V. Organisation of cargo transportation in complex transport systems: educational and methodological complex: information resources of the discipline: Study guide [Organizatsiya gruzovoykh perevozok v slozhnykh transportnykh sistemakh: uchebno-metodicheskiy kompleks: Informatsionnie resursy distsipliny: Ucheb. posobie]. St. Petersburg, Petropolis publ., 2023, 283 p. ISBN 978-5-9676-1497-2.

Vorobey, N. Yu., Telezhenko, T. A. Technical operation of devices and systems of railway automation and telemechanics: Study guide [Tekhnicheskaya ekspluatatsiya ustroistv i system zheleznodorozhnoi avtomatiki i telemekhaniki: Ucheb. posobie]. St. Petersburg, PGUPS publ., 2023, 48 p. ISBN 978-5-7641-1869-7.

Compiled by Natalia OLEYNIK ●